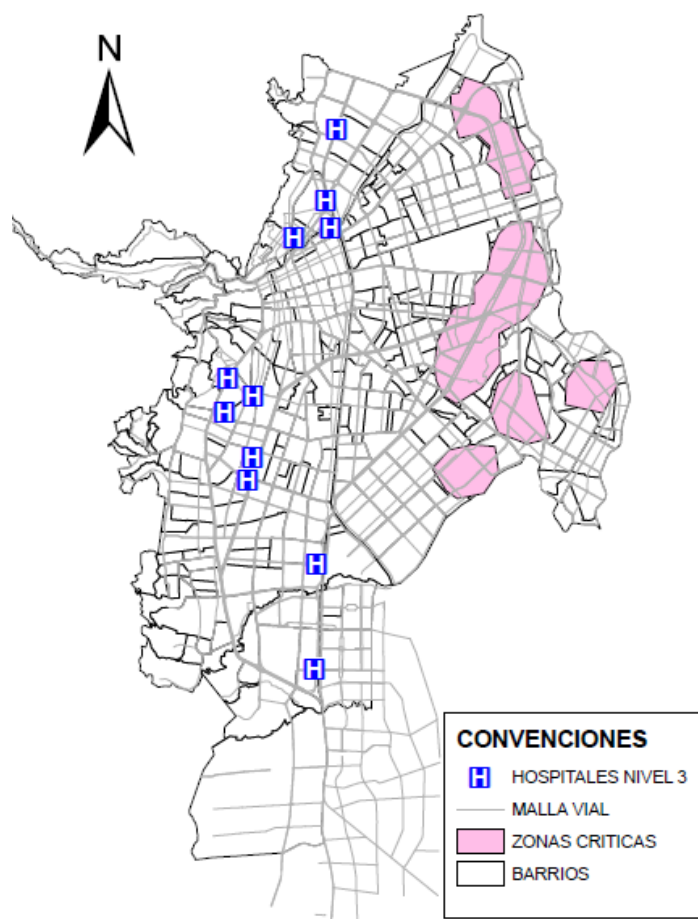


**DETERMINACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS A LA ATENCIÓN DE VICTIMAS
SEVERAS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO ENTRE EL PUNTO DEL EVENTO Y
EL CENTRO ASISTENCIAL**



**JUAN CAMILO REINA DUQUE
CATALINA ROJAS MONSALVE**



**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
CALI, COLOMBIA**

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

**DETERMINACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS A LA ATENCIÓN DE VÍCTIMAS
SEVERAS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO ENTRE EL PUNTO DEL EVENTO Y
EL CENTRO ASISTENCIAL**

**JUAN CAMILO REINA DUQUE
CATALINA ROJAS MONSALVE**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO TOPOGRAFICO**

**DIRECTOR:
CIRO JARAMILLO MOLINA, PhD.**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
CALI, COLOMBIA**

CONTENIDO

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
JUSTIFICACION.....	10
OBJETIVOS.....	11
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
ESTADO DEL ARTE.....	12
MARCO CONCEPTUAL.....	12
MARCO TEÓRICO.....	14
MARCO REFERENCIAL	16
METODOLOGIA	18
FUENTES DE INFORMACIÓN	18
1. ANÁLISIS ESPACIAL.....	18
Geocodificación de los datos	18
Índice de accesibilidad de Shimbél	19
2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y ESTADÍSTICO	20
Generación de Clústeres	20
Análisis de patrones puntuales	21
3. ÍNDICE DE ACCESIBILIDAD DE GRAVEDAD	23
4. ISÓCRONAS.....	23
Cálculo de velocidades de la red vial	23
Generación de isócronas	24
5. VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	24
RESULTADOS	25
1. ANALISIS ESPACIAL.....	25
Índice de accesibilidad de Shimbél	26
2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y ESTADÍSTICO	27
Generación de clústeres	32
Análisis de patrones puntuales	33
3. ÍNDICE DE ACCESIBILIDAD DE GRAVEDAD	34
4. ISÓCRONAS.....	37

Cálculo de velocidades de la red vial	37
Generación de isócronas	38
Zonas críticas en Cali	42
5. VALIDACIÓN	43
Conglomeración de accidentes de tránsito	43
Índice de accesibilidad de Shimbél	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFIA	51

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Centros de atención de nivel III de Cali.	9
Figura 2. Geocodificación de eventos de tránsito.	19
Figura 3. Cálculo de distancias en ruta para cada barrio (centroide-centroide).	19
Figura 4. Ejemplo de patrones puntuales de distribución: (a) Aleatorio (b) Regular (c) Agregado.	21
Figura 5. Comportamiento de la función F: (a) Proceso aleatorio (b) Proceso regular (c) Proceso agregado.	21
Figura 6. Comportamiento de la función F con bandas de confianza (a) Aleatorio (b) Agregado (c) Uniforme.	22
Figura 7. Comportamiento de la función G: (a) Proceso aleatorio (b) Proceso regular (c) Proceso agregado.	22
Figura 8. Comportamiento de la función G con bandas de confianza: (a) Aleatorio (b) Agregado (c) Uniforme.	23
Figura 9. Distribución de los accidentes de tránsito 2011-2015.	25
Figura 10. Índice de accesibilidad de Shimbél a nivel de barrio para Cali.	26
Figura 11. (a) Gráfico de caja del índice de accesibilidad de Shimbél a nivel de barrio para cada centro de atención. (b) Gráfico de caja del índice de accesibilidad de Shimbél a nivel de barrio para Cali.	27
Figura 12. Gráfico de caja del conteo de accidentes de tránsito por barrio.	28
Figura 13. Número de registros según destino del traslado.	28
Figura 14. Gráfico circular del destino de accidentes de tránsito.	29
Figura 15. Accidentes de tránsito vs casos de traslado oportuno.	30
Figura 16. Conteo de accidentes de tránsito para cada centro de atención.	31
Figura 17. Densidad de eventos de accidentes de tránsito.	33
Figura 18. (a) Gráfica de la función F (b) Gráfica de la función G.	34
Figura 19. Índice de accesibilidad de Hansen para los centros de atención respecto a los eventos de accidentes de tránsito.	36
Figura 20. Gráfico velocidades en Google Maps vs velocidades en campo (km/h).	37
Figura 21. Isócronas sobre la malla vial y respectivos centros de atención nivel III.	38
Figura 22. Isócronas vs densidad de eventos de accidentes de tránsito.	39
Figura 23. Eventos trasladados en un tiempo de hasta 10 minutos vs Localización de eventos trasladados al lugar correcto.	40

Figura 24. Eventos de accidentes de tránsito trasladados a centros de atención de nivel I y II.	41
Figura 25. Zonas críticas para el traslado asistencial de la ciudad de Cali.	42
Figura 26. Diagrama de caja barrios de las zonas críticas.	43
Figura 27. (a) Conglomeraciones de accidentes de tránsito mortales año 2010 (b) Conglomeraciones de accidentes de tránsito periodo 2011-2015.	44
Figura 28. (a) Accesibilidad a los servicios de salud públicos por barrios en Cali (b) Accesibilidad a los centros de atención por barrios en Cali.	45
Figura 29. ScatterPlot Hansen vs Shimbel (a) Correlación de Spearman (b) Correlación de Pearson.	46
Figura 30. ScatterPlot (a) Correlación de Spearman Isócronas vs Shimbel (b) Correlación de Pearson Isócronas vs Shimbel (c) Correlación de Spearman Isócronas vs Hansen (d) Correlación de Pearson Isócronas vs Hansen.	48

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Prefijos utilizados para cada tipo de vía.	18
Tabla 2. Valor de accesibilidad para cada centro de atención.	35
Tabla 3. Correlación del Índice de Hansen vs Índice Shimbel.	46
Tabla 4. Correlación de Isócronas vs Índice Shimbel.	47
Tabla 5. Correlación de Isócronas vs Índice Shimbel.	47

CONTENIDO DE ANEXOS

Anexo 1. Registros eliminados sin información de dirección.	55
Anexo 2. Número de accidentes trasladados a cada centro de atención.	56
Anexo 3. Eventos trasladados al centro de atención de nivel III adecuado.	57
Anexo 4. Barrios involucrados en las zonas críticas.	58
Anexo 5. Campana de Gauss y dispersión de datos de velocidad.	60
Anexo 6. Diferencias de las velocidades en campo vs velocidades en Google Maps y Distribución normal.	60

RESUMEN

Un accidente de tránsito es un evento generalmente involuntario que en caso de lesiones requiere una atención inmediata para el traslado de las víctimas. Existen 4 diferentes niveles de complejidad para los centros de atención en Colombia, siendo el nivel III el encargado de las víctimas de estos eventos. En este trabajo se presenta un análisis de la distribución espacial de los centros de atención de la ciudad de Cali desde las áreas de Geomática y Transporte. Se utilizó una base de datos de accidentes mortales del periodo 2011-2015 con información del centro de atención de traslado y dirección del evento. Para el análisis de estos datos primero se realizó un análisis de accesibilidad en general de los centros de atención como una introducción de cómo están distribuidos los centros de atención a nivel de barrio usando el Indicador de Shimbeld, donde se obtuvo que la facilidad de acceso de los barrios a los centros de atención es buena. Se realizó un análisis estadístico y descriptivo del comportamiento de los datos analizando los clústeres o puntos calientes de la ciudad mediante un análisis de densidad de Kernel el cual muestra las concentraciones de accidentes de tránsito. También fueron usadas las funciones estadísticas F y G por medio del software R arrojando los mismos resultados. A partir de los puntos calientes se realizó un análisis exploratorio del Índice de Hansen ya que generalmente es usado para análisis de variables socio-económicas y es poco conocido en el campo de salud, usando como “oportunidades” las víctimas de accidentes de tránsito y como facilidades los centros de atención. Mediante este análisis se obtuvo que los centros de atención que están más cerca de las conglomeraciones de accidentes tienen una mayor accesibilidad que los que están distantes a estos. Se calcularon las isócronas a partir de velocidades tomadas en campo donde se determinaron las zonas críticas al servicio de traslado. Para establecer una zona crítica en tiempo, se tiene que 10 minutos de recorrido hacia un centro de atención es el tiempo aceptable para que una víctima se pueda salvar (Cobo Borrero, 1993). Se establece que las zonas críticas de traslado asistencial son aquellas donde el traslado es mayor a 10 minutos y haya zonas con gran densidad de puntos debido a que en estos lugares hay mayor probabilidad de ocurrencia de accidentes de tránsito. Se obtuvieron zonas con estratos 1, 2 y 3, donde prevalece el estrato 2 (bajo). Lo que sugiere que la inequidad del servicio de los centros de atención es evidente.

INTRODUCCIÓN

Un accidente de tránsito es un evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en el e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o las vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho (Ministerio de Transporte, 2011). En caso de lesiones, se requieren acciones ágiles y precisas que permitan salvar vidas, se requiere de un servicio de traslado asistencial sujeto al nivel de complejidad de la lesión. Esta consignado que todo traslado de un paciente entre el lugar del evento hasta el centro hospitalario a cargo de la atención corresponde a la atención pre hospitalaria (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014). En Colombia existen 4 niveles sujetos al requerimiento de atención del centro hospitalario (Ministerio de Salud, 1994), donde el nivel III es el encargado de recibir los casos de víctimas severas de accidentes de tránsito. Para la ciudad de Cali se tienen 11 centros de atención de nivel III.

Según el Plan Regional de Seguridad Vial del Valle del Cauca y Cali 2012-2020 se reconoce como una debilidad institucional la falta de optimización de recursos en las entidades involucradas en la seguridad vial y la falta de regulación y coordinación para la atención en salud en el sitio del accidente. En muchos casos, la atención oportuna de los sistemas de emergencias médicas y el transporte eficiente de los lesionados, desde la escena del accidente hasta el hospital o centro de trauma, puede salvar vidas, reducir la incidencia de discapacidad a corto plazo y mejorar significativamente los resultados a largo plazo (Soreide & M. Grande, 2001). La mayoría de las estrategias relacionadas con el control de las lesiones están focalizadas en la prevención primaria y secundaria, la primera consiste en reducir la ocurrencia de las lesiones o minimizar su severidad y la segunda en proveer la respuesta médica adecuada para mejorar el tratamiento y de ese modo, minimizar las secuelas después de una lesión (American College of Surgeons, 2008). En la ciudad de Cali, para el año 2013 se tiene evidencia de 5.704 muertes y 39.318 heridos en accidentes de tránsito según el Informe de Gestión del Fondo de Prevención Vial donde la tasa de accidentes de tránsito por cada 100 mil habitantes se encontró en 381 eventos, siendo el 90% de estos eventos ubicados en el área urbana.

En este contexto, se propone la determinación de zonas críticas en la ciudad de Cali por medio de análisis de isócronas. Esto, a partir de la aplicación de diferentes indicadores de accesibilidad obteniendo conglomeraciones de accidentes en Cali y zonas de la ciudad donde el tiempo de traslado a los centros de atención es muy extenso. Teniendo así las zonas críticas al servicio de traslado asistencial para víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial para los años 2011 y 2015.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un accidente de tránsito es aquel evento que ocurre de manera inesperada o involuntaria sobre una vía y está determinado por actos en su mayoría previsibles. Estos actos se le pueden atribuir a vehículos automotores, factores humanos, señalización de la vía o condiciones climatológicas del momento, que pueden ocasionar lesiones y/o pérdidas de vidas humanas, así como también consecuencias físicas o psicológicas, perjuicios materiales y daños a terceros (Contraloría de la República de Panamá, 2012). Se requiere de un servicio de traslado asistencial que dependerá del nivel de complejidad de las lesiones de las víctimas que puede ser de 1-3 siendo el nivel 3 el más complejo. Estos niveles están sujetos al requerimiento en atención por el centro hospitalario. En Colombia actualmente existen 4 niveles relacionados con el centro de atención y servicio de salud: Nivel I correspondiente a la medicina general, servicios ambulatorios y/o con intervención; Nivel II que corresponde a medicina general con interconsulta y recursos especializados; Niveles III y IV que competen a la medicina especializada con participación de medicina general (Ministerio de Salud, 1994). El nivel III es el encargado de atender los casos objetivos de este estudio. Según el planteamiento de la Resolución 2003 de 2014, todo traslado de un paciente entre el lugar de origen del trauma o la condición patológica, que amerita asistencia, durante y hasta el centro de servicio de salud a cargo de esta atención corresponde a la atención pre hospitalaria (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014).

Para el año 2013, en Colombia se registraron 6.219 muertes y 41.823 heridos en accidentes de tránsito (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 2013). En términos de tasas por 100.000 habitantes, para el mismo año se tuvo una tasa de 13.2 muertes. En el primer semestre del año 2013 la Secretaría de Tránsito Municipal de Cali registro un total de 8.030 eventos, que muestra un aumento del 14% comparado con el año 2012 en este mismo semestre, que registro un total de 7.013 lesionados por accidentes de tránsito, tanto lesionados mortales como no mortales (Secretaría de Tránsito de Cali, 2013). Según la base de datos de accidentes de tránsito de CISALVA en el periodo 2003-2014 se presentaron 3205 accidentes de los cuales 1818 ocurrieron en el oriente de la ciudad, lo que equivale a un 56% del total de los accidentes de tránsito para este periodo.

Actualmente la ciudad tiene 11 centros de atención que prestan un servicio de nivel III de complejidad los cuales no cuentan con una distribución espacial óptima de forma que cobije toda la ciudad. Estos se encuentran ubicados en el eje norte-sur siendo cobijada primordialmente la zona oeste de la ciudad (ver Figura 1), lo que representa un problema de inequidad para el servicio de atención pre hospitalario óptimo de la ciudad (Guerrero Caha, 2015). Por lo tanto, la pregunta propuesta para este trabajo de investigación es ¿Cómo identificar las zonas críticas del servicio de traslado asistencial para víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial para los años 2011 y 2015?

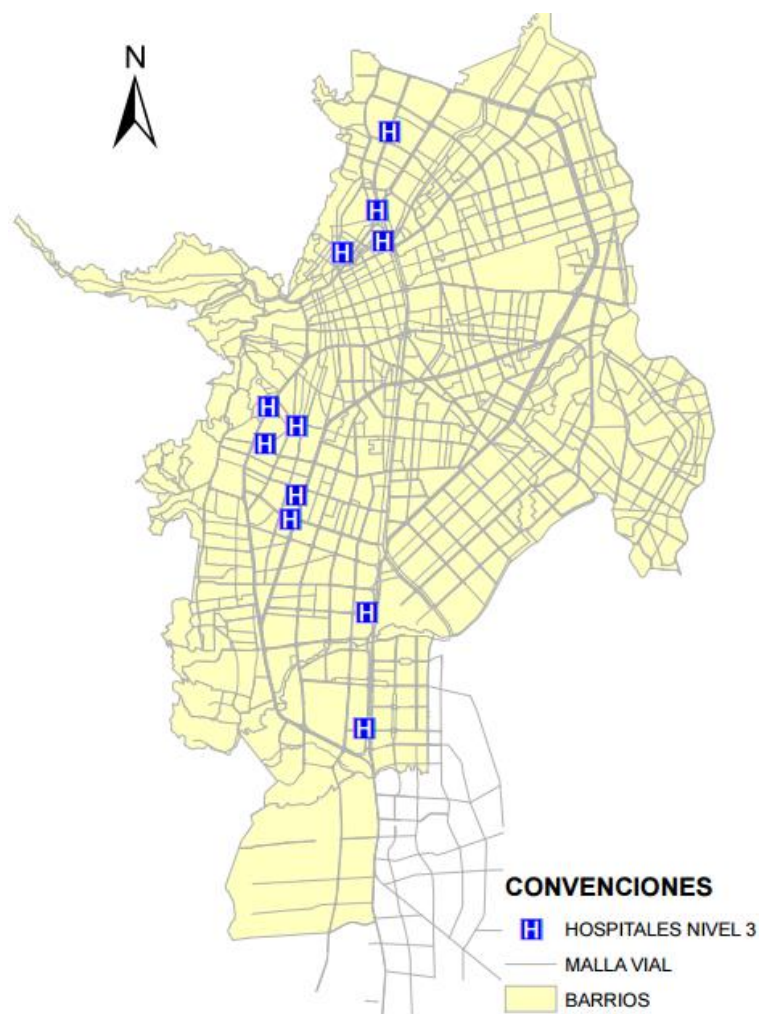


Figura 1. Centros de atención de nivel III de Cali.

JUSTIFICACION

El Valle del Cauca es el segundo departamento del país con más muertes por accidentes de tránsito en el año 2013, según el más reciente informe de Forenses que cada año divulga el Instituto Nacional de Medicina Legal. La Ciudad de Santiago de Cali, como su capital se encuentra también en el segundo lugar de la ciudad con más muertes por accidentes de tránsito en el país, con 307 casos durante el 2013 (El Pais.com, 2014) y un aumento del 12% para los años 2011-2012. El Plan Regional de Seguridad Vial del Valle del Cauca y Cali 2012-2020 como ejecución local del Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020, en su aplicación al quinto pilar de actividades tras accidente; reconoce como una debilidad institucional la falta de optimización de recursos en las entidades involucradas en la seguridad vial y la falta de regulación y coordinación para la atención en salud en el sitio del accidente (Corporacion Fondo de Prevencion Vial, 2013). En contextos de accidentalidad, la atención pre hospitalaria ha demostrado que disminuye la mortalidad, al proporcionar atención adecuada en el momento oportuno y traslado de víctima al lugar más indicado para ser atendido (American College of Surgeons, 2008).

Para un mejoramiento del servicio de traslado asistencial y un apoyo a la toma de decisiones como un instrumento de primera mano, es pertinente realizar un análisis geo-espacial de la accesibilidad entre el punto del evento y el centro asistencial. Esto es posible a partir de una base de datos otorgada por CISALVA para el periodo 2011-2015 con la ubicación de los centros de atención de la ciudad de Cali, con información de las víctimas de accidentes de tránsito en la ciudad que fallecieron durante la atención, al igual que las variables directas y asociadas que pueden afectar la descripción geo-espacial de los traslados de las víctimas como lo son el lugar del accidente, fecha y hora del evento, centro asistencial de destino del traslado y condición de la víctima. La realización de este producto es de gran utilidad e importancia dada la precisión en sus resultados, el ahorro de costos y tiempo que se garantiza en su desarrollo. Por lo cual puede ser proporcionado a instituciones de ente público y/o privado como un instrumento de planeación y gestión de análisis de seguridad vial de la ciudad en la toma de decisiones.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las zonas críticas del servicio de traslado asistencial para víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial para el periodo 2011-2015.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la accesibilidad a los centros de atención de Salud en Cali.
- Determinar las víctimas fatales por traslado inoportuno a los centros de atención de nivel requerido.
- Realizar una cartografía de isócronas basadas en tiempos de traslado, accesibilidad y ubicación de centros hospitalarios nivel III en Cali.

ESTADO DEL ARTE

MARCO CONCEPTUAL

En este ítem se definirán los conceptos más relevantes acerca del trabajo de investigación propuesto:

Accesibilidad: La accesibilidad mundialmente en cuestiones de tránsito y transporte es el grado que tienen las personas para acceder a un servicio independientemente de sus capacidades técnicas, cognitivas y físicas. En este caso se evaluará el grado que tiene cada barrio para acceder a los servicios. La accesibilidad mundialmente en cuestiones de tránsito y transporte es el grado que tienen las personas para acceder a un servicio independientemente de sus capacidades técnicas, cognitivas y físicas en cuestiones de cercanía, por ejemplo si una persona tiene un accidente en un barrio determinado ¿Con qué grado de accesibilidad puede llegar a usar un servicio de niveles III?

Mapa Isócrono: Es un mapa que muestra áreas relacionadas con isócronas. Una isócrona se define como una línea dibujada en un mapa donde los puntos de conexión ocurren a la misma hora” en este caso se aplicará para ver el tiempo de retardo que tienen cada uno de los puntos sobre la ciudad de Cali para poder acceder al servicio de atención hospitalario de nivel III.

Malla Vial: Según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), las vías urbanas se clasifican en cuatro mallas jerarquizadas y relacionadas funcionalmente por las intersecciones generadas entre ellas. Estas son las características técnicas de cada una:

- Malla vial arterial principal: son las vías de mayor jerarquía; actúan como soporte de la movilidad y accesibilidad metropolitana y regional.
- Malla vial arterial complementaria: son las vías que articulan operativamente la malla vial arterial principal, lo que facilita la movilidad de mediana y larga distancia como articulación a escala urbana.
- Malla vial intermedia: son los tramos viales que conectan la retícula que conforma las mallas arteriales principal y complementaria, y sirven como alternativa de circulación. Permiten el acceso y fluidez de la ciudad a escala zonal.
- Malla vial local: tramos viales que posibilitan el acceso a las unidades de vivienda.

Clúster: Es un objeto dado por la acumulación espacial de accidentes de tránsito, esta se puede dar por los atributos o la cercanía entre los mismos.

Métrica de la red: La métrica es un valor que toman los diferentes protocolos de enrutamiento para poder determinar cuál es la mejor ruta hacia un punto, donde se escoge la ruta más corta hacia el punto de destino.

Ruta Óptima: Es aquella ruta que cumple las siguientes condiciones:

- Consigue mantener acotado el retardo entre pares de nodos de la red.
- Consigue ofrecer altas cadencias efectivas independientemente del retardo medio de tránsito.
- Permite ofrecer el menor costo.

El criterio más sencillo es elegir el camino más corto, es decir la ruta que pasa por el menor número de nodos. Una generalización de este criterio es el de “coste mínimo”.

Niveles de Complejidad: En Colombia actualmente existen 3 niveles relacionados con el centro de atención y servicio de salud. El nivel I corresponde a la medicina general, servicios ambulatorios y/o con intervención, el nivel II que corresponde a medicina general con interconsulta y recursos especializados y los niveles III y IV que compete a la medicina especializada con participación de medicina general, donde el nivel III es el encargado de atender los casos objetivos de este estudio (Resolución 5261 de 1994).

Quinto pilar del plan mundial para el decenio de acción para la seguridad vial:

Fue creado con el fin de aumentar la capacidad de respuesta a las emergencias ocasionadas por los accidentes de tránsito y mejorar la capacidad de los sistemas de salud y de otra índole para brindar a las víctimas el tratamiento de emergencia apropiado y rehabilitación a largo plazo.

- Actividad 1: Crear sistemas de atención pre hospitalaria, incluida la extracción de las víctimas de los vehículos siniestrados, y poner en funcionamiento un número telefónico único a nivel nacional para emergencias, aplicando para ello las buenas prácticas existentes.
- Actividad 2: Crear sistemas de atención traumatológica hospitalaria y evaluar la calidad de la atención mediante la aplicación de buenas prácticas sobre sistemas de atención traumatológica y garantía de la calidad.
- Actividad 3: Prestar servicios de pronta rehabilitación y de apoyo a los pacientes lesionados y a los deudos de los fallecidos en accidentes de tránsito, para minimizar los traumatismos tanto físicos como psicológicos.
- Actividad 4: Alentar el establecimiento de sistemas de seguros apropiados para los usuarios de las vías de tránsito, a fin de financiar los servicios de rehabilitación de las víctimas de accidentes.
- Actividad 5: Fomentar una investigación exhaustiva de los accidentes y la aplicación de una respuesta jurídica eficaz a las defunciones y traumatismos por accidentes de tránsito y, por ende, fomentar soluciones equitativas y de justicia para los deudos y los lesionados.
- Actividad 6: Fomentar los estímulos e incentivos para que los empleadores contraten y conserven a personas con discapacidades.
- Actividad 7: Alentar actividades de investigación y desarrollo sobre el mejoramiento de la respuesta a los accidentes.

MARCO TEÓRICO

Este ítem corresponde al conjunto de modelos y ecuaciones que se usaran en el desarrollo del proyecto de investigación:

La accesibilidad se mide por dos componentes básicos: los gastos de viaje y la calidad/cantidad de oportunidades. Estos son implementados a partir de indicadores que se basan en ubicación, persona, modo de transporte y la movilidad, lo cual depende del nivel de detalle disponible sobre la red. A partir de antecedentes consultados se han identificado los siguientes indicadores:

Indicador Absoluto de Tiempo Global: Este indicador mide la suma de tiempos desde un punto a todos los demás. El punto de menor sumatoria de tiempo es el mejor comunicado. Este indicador tiende a favorecer los puntos ubicados hacia el centro de una red por su localización geográfica. Este indicador se expresa como la Ecuación 1.

$$T_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad (1)$$

Dónde t_{ij} Es el tiempo mínimo de recorrido de i a j utilizando la red.

Índice de Shimbel: Este índice se obtiene al sumar el número de arcos que separa cada nodo de todos los demás por el tramo más corto (Mierez, 2004). Usando la ecuación 7.

$$IS = \sum a_{ij} \quad (2)$$

Donde a_{ij} corresponde al número de arcos que separan a i y j .

Indicador de Hansen: Se define la accesibilidad cómo el potencial de las oportunidades de interacción. Se establece que la accesibilidad en la zona i a un tipo de actividad en la zona j es directamente proporcional al tamaño de la actividad en la zona j (número de oportunidades) e inversamente proporcional a la distancia que separa las zonas i y j (Hansen, 1959). La accesibilidad total al empleo en la zona i puede expresarse como la suma de la accesibilidad a cada una de las áreas de empleo individuales como se muestra en la Ecuación 3.

$$P_i = \sum_{j=1}^N \frac{P_j}{t_{ij}^a} \quad (3)$$

Dónde P_i Es el nivel de accesibilidad potencial de la zona i , P_j medida o peso de oportunidades/actividades de la zona destino, t_{ij} es la distancia mínima de recorrido de i a j usando la red, a es el valor de fricción entre los lugares ij .

Patrones puntuales de distribución: El análisis de un patrón puntual engloba una serie de técnicas que permiten estudiar la distribución de un conjunto de eventos ocurridos sobre una región del plano. Básicamente, pretende determinar si dichos eventos presentan un patrón de agregación (los eventos se producen cerca de otros eventos), de inhibición (los eventos aparecen diseminados) o de aleatoriedad espacial

completa (los eventos se producen con igual probabilidad en cualquier punto del espacio, con independencia de dónde se hallen otros eventos). (Abellán, y otros, 2002).

El CRS es la hipótesis de aleatoriedad espacial completa que consiste en explicar si el estudio da resultados de agregación o inhibición. En casos de eventos de muerte es muy probable que los resultados sean de agregación y para poder confirmar la hipótesis se deben realizar diferentes pruebas como las pruebas basadas en distancia. (Quesada Rico, 2015)

Las pruebas basadas en distancias se analizan gráficamente comparando con límites de simulación superior e inferior. Se presentan dos funciones:

Función de espacio vacío F: Si los eventos se encuentran entre los límites superior e inferior, el gráfico aceptaría la hipótesis CRS. Los datos se encuentran bajo los límites, es un comportamiento típico de Cuando un patrón agregado. Si se encuentran encima de los límites de simulación, se comporta como un patrón regular.

Función del vecino más próximo G: Si los eventos se encuentran entre los límites superior e inferior, el gráfico sugeriría aceptar la hipótesis CSR. Si se encuentran encima de los límites, mostraría un exceso de pequeñas distancias al vecino más cercano, lo cual es una característica de patrones agregados. Si los datos se encuentran bajos los límites, mostraría una deficiencia de pequeñas distancias al vecino más cercano, lo cual es típico de patrones regulares. (Briceño, y otros, 2010)

Densidad de Kernel: es un algoritmo que encuentra vecinos cercanos. Este trabaja con una serie de parámetros con los cuales primero, calcula el centro medio de los puntos de entrada, luego calcula la distancia desde el centro medio (ponderado) para cada punto y posteriormente se calcula la distancia media de esas distancias (Dm). Seguido de esto, calcula la distancia estándar ponderada (SD) para luego aplicar la Ecuación 4 (Silverman, 1986):

$$Radio\ Busqueda = 0.9 * \min\left(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)} * Dm}\right) * n^{-0.2} \quad (4)$$

Donde SD es la distancia estándar, Dm es la mediana de la distancia, n es el número de puntos y $\min$ significa que se utiliza la opción que dé como resultado el menor valor.

Tamaño de muestra: Un estudio de velocidades instantáneas requiere un tamaño de muestra adecuado para satisfacer consideraciones estadísticas. Para calcular el número de velocidades a ser medidas se debe aplicar la Ecuación 5 (Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio, 2001).

$$N = \left(\frac{SK}{E}\right)^2 \quad (5)$$

Donde N es el tamaño mínimo de la muestra, S es la desviación estándar estimada de la muestra, K es la constante correspondiente al nivel de confianza deseado y E es el error permitido en el estimado de velocidad.

Cálculo de impedancia: Es el tiempo de recorrido sobre cada tramo de la red con su respectiva velocidad y distancia, calculado a partir de la Ecuación 6.

$$I = \frac{Longitud}{Velocidad * 1000} * 60 \quad (6)$$

Donde I es la impedancia, la *Longitud* es medida en metros y la *Velocidad* en km/h. La velocidad es multiplicada por mil para convertir de kilómetros a metros y finalmente se multiplica por 60 para convertir de horas a minutos.

MARCO REFERENCIAL

La accesibilidad se puede determinar como una distribución espacial de los potenciales destinos, la facilidad con la que se llega al destino donde cada una de las características incluye uno o más variables que pueden afectar la accesibilidad (Handy & Niemeier, 1997). La accesibilidad se define comúnmente como la facilidad con la que se puede llegar a las actividades desde un lugar determinado y con un cierto sistema de transporte (Morris et al, 1979; Johnston et al, 2011). Cada medida de la accesibilidad requiere datos diferentes donde da un importante énfasis metodológico al exponer el equilibrio adecuado entre una medida que es teórica y unas que son útiles para la planificación del transporte (Vandenbulckle et al, 2009). "La incorporación de elementos temporales en medidas de accesibilidad hace demandas severas en los datos, una consideración que excluye de manera efectiva las medidas de tiempo-espacio de accesibilidad" (Pirie, 1979). El tiempo y las medidas basadas en la actividad son la mejor manera de analizar la accesibilidad a nivel nacional. Estas medidas se refieren a medidas comunes (las medidas de distancias las cuales ubican la posición relativa en la red de transporte), también se refieren a las isócronas y medidas de gravedad. El proceso de generación de Isócronas conlleva varios subprocesos, donde después de hacer el mismo proceso una serie de veces, el resultado final tendrá las correcciones de las deficiencias de los procesos anteriores. Se indica que un enfoque isócrono en los análisis de viajes es robusto, incluso cuando la precisión de los datos de entrada no sea buena (Brainard et al, 1997).

En temas de accesibilidad de servicios de salud, se plantea que los factores que influyen en la utilización y acceso a los servicios de salud se pueden integrar en cinco grupos: económicos (niveles de ingresos), sociodemográficos (sexo y edad), geográficos (distancia física y relieve), socioculturales (educación), y organizacionales (administración y gestión de los servicios); por lo tanto, se puede entender que la concepción de accesibilidad se ubica en un contexto integral, es decir, lo territorial (accesibilidad física) y lo social (todos aquellos indicadores socioeconómicos); lo anterior, sugiere una tipología de accesibilidad integral en la cual convergen diversos factores, (Phillips, 1990). Se pueden estudiar los factores geográficos que son

aquellos dónde están concentradas las unidades que ofrecen servicios de salud y dónde no existe algún tipo de infraestructura médica. Lo anterior es importante, ya que dentro del contexto de las políticas de salud, el concepto de accesibilidad se convierte en una estrategia fundamental para identificar y resolver las necesidades de salud de la población. Dichas estrategias tienen la finalidad de aproximar y articular los espacios de salud a los espacios de la población. Los criterios de localización de las unidades médicas están en función de la distancia y el tiempo, y no en función del tamaño de la población usuaria de cada institución; este criterio de localización es un factor más que limita la accesibilidad, es decir, es un factor de obstaculización o bien de no-accesibilidad (López & Aguilar, 2004).

Existen una variedad de herramientas espaciales desarrolladas para la comprensión de las geografías cambiantes de patrones de punto. La más prometedora de estas herramientas es la estimación de la densidad del núcleo (Chainey & Ratcliffe, 2005). Hay muchas ventajas de la estimación de la densidad del núcleo (KDE) en comparación con las técnicas de punto de acceso y agrupación estadística como K-means. La ventaja principal de este método reside en la determinación de la propagación del riesgo de un accidente. La propagación de riesgo se puede definir como el área alrededor de un grupo definido en el que hay una mayor probabilidad de que se produzca un accidente sobre la base de la dependencia espacial. La estimación de la densidad del núcleo implica la colocación de una superficie simétrica sobre cada punto y la evaluación de la distancia desde el punto a un lugar de referencia sobre la base de una función matemática, sumando el valor de todas las superficies para la ubicación de referencia. Este procedimiento se repite para los puntos sucesivos. Por tanto, esta permite colocar un núcleo sobre cada observación, y sumando estos kernel individuales se obtiene la estimación de densidad para la distribución de puntos de accidentes (Fotheringham, Brunsdon, & Charlton, 2000).

La accesibilidad es un atributo de las localizaciones en la que influyen varios factores; la calidad de la infraestructura es solo uno de ellos, junto con otros como la localización geográfica y la distribución territorial de actividades. Cada una de las distintas formulaciones de los indicadores de accesibilidad potencian ciertos factores frente a otros. Estos motivos hacen que se recomiende no utilizar un único indicador, sino calcular varios y analizar sus resultados de forma complementaria (Gutiérrez, 2001; Nellthorp et al, 1998).

Existen diversos tipos de problemas sobre la localización óptima de elementos lineales, como la localización de caminos/rutas óptimas sobre redes de transporte ya existentes. Ejemplo: establecer por donde debe viajar un repartidor de productos (leche, pan, etc.) de manera que el coste del viaje (o el tiempo de recorrido, etc.) sea mínimo. Existen diversos algoritmos matemáticos que resuelven el problema. El más conocido es el de Dijkstra, que usualmente está disponible en los programas de análisis de redes integrados en un SIG. (Bosque Sendra & García, 2000)

METODOLOGIA

El proceso metodológico para el desarrollo del proyecto se llevara a cabo siguiendo antecedentes consultados, a partir de los siguientes pasos:

FUENTES DE INFORMACIÓN

Se solicitó la base de datos de accidentes de tránsito mortales para un periodo de cuatro años (2011-2015), la cual fue otorgada por el Instituto de Investigación y Desarrollo en Prevención de la Violencia y Promoción de la Convivencia Social- CISALVA. La base de datos consta de un total de 1012 registros de accidentes de tránsito, de los cuales se tiene la información correspondiente a la dirección del lugar del accidente, el centro hospitalario al que fue trasladado el afectado y el identificador del accidente de tránsito.

Se solicitó la red vial de la ciudad de Santiago de Cali que posee las velocidades y tiempos de recorrido para diferentes medios de transporte de las vías principales y secundarias.

1. ANÁLISIS ESPACIAL

Geocodificación de los datos

Previo a comenzar el proceso de normalización de los datos para poder ser geocodificados, se eliminaron los campos que no contenían dirección y aquellos con registro de dirección “sin dato”. Los registros eliminados fueron un total de 56. A partir de esta depuración se normalizan los 956 campos restantes, utilizando un geocodificador diseñado por el Grupo de Investigación GITTV y estructurado para los siguientes prefijos de cada tipo de vía (ver Tabla 1).

NOMENCLATURA	PREFIJO
Calle	CL
Carrera	CR
Trasversal	TR
Diagonal	DG
Avenida	AV

Tabla 1. Prefijos utilizados para cada tipo de vía.

Al normalizar la dirección de cada uno de los registros se obtienen direcciones correctamente normalizadas, ubicaciones de intersecciones y direcciones sin posible ubicación. El proceso de geocodificación se realiza mediante la herramienta Geocode Addresses del software ArcGIS con una precisión del 80% para los registros de accidentes de tránsito y los centros de atención. Se obtienen

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

los puntos correctamente geocodificados, los puntos pendientes de revisión y los puntos no geocodificados (ver Figura 2).

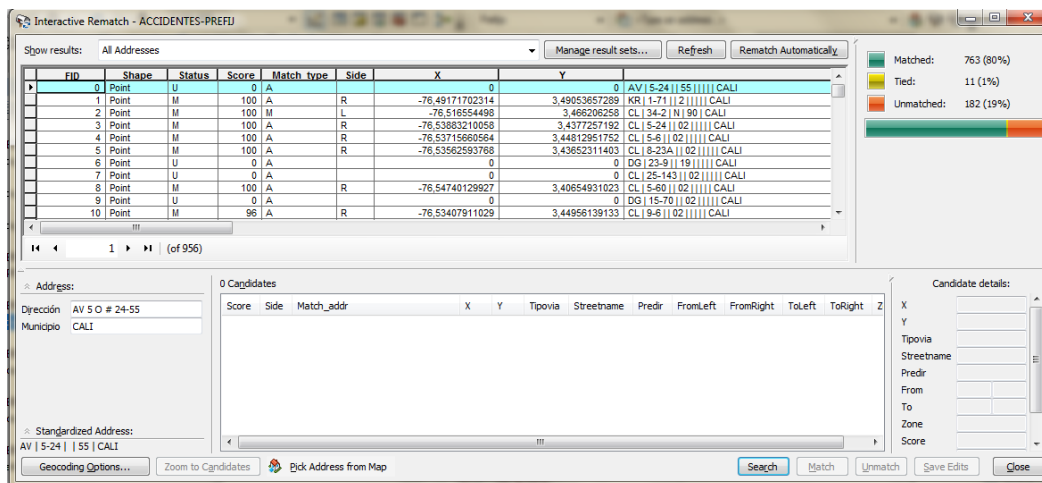


Figura 2. Geocodificación de eventos de tránsito.

Índice de accesibilidad de Shimbél

Este índice expresa la suma de las distancias necesarias para conectar cada nodo con cada uno de los demás que integran la red (Fernández Santamaría, 2000). Se realizó un ajuste para utilizar la suma de las distancias entre el centroide de cada barrio con los centroides de los demás barrios utilizando la Ecuación 2, con el fin de medir la accesibilidad general de los barrios de Santiago de Cali. Esto utilizando la herramienta Network Analyst del software ArcGIS (ver Figura 3).

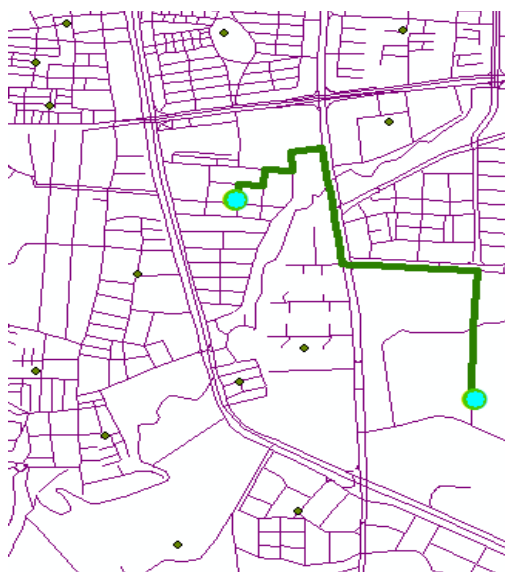


Figura 3. Cálculo de distancias en ruta para cada barrio (centroide-centroide).

La ciudad cuenta con un total de 341 barrios, por lo cual al aplicar el índice se obtiene una matriz de 341 x 341 elementos. Esta matriz contiene la distancia de la ruta más corta desde el centroide de cada barrio hasta los centroides de todos los demás barrios, por esto se obtiene una diagonal de ceros que corresponde a la distancia de cada barrio con el mismo. El valor del índice corresponde a la relación de la suma de las distancias con el número de barrios menos uno.

El valor de accesibilidad de cada barrio será asignado a su centroide correspondiente para finalmente realizar una interpolación de estos valores y obtener la accesibilidad de la ciudad de Cali a nivel de barrio. Seguido de esto, se asigna el valor correspondiente a la ubicación de cada centro de atención para analizar su nivel de accesibilidad con respecto a los barrios de la ciudad.

2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y ESTADÍSTICO

La descripción de los datos se realiza a partir del cálculo de medidas de tendencia central de los registros de accidentes de tránsito para conocer su comportamiento. A partir de esto, se calcula el número de eventos que fueron trasladados al centro de atención de nivel III más cercano y el número de eventos que fueron trasladados a centros de atención de nivel I y II teniendo en cuenta el comportamiento espacial de los accidentes de tránsito con los centros de atención de nivel I, II y III.

Para la determinación del centro de atención de nivel III más cercano a cada registro de accidente de tránsito se desarrolla e implementa un algoritmo que calcula las rutas sobre la red vial a todos los centros de atención de nivel III y seguido de esto escoja el más cercano en términos de longitud.

Para el desarrollo del algoritmo se crea una base de datos en el software PgAdmin III la cual contenía los datos de la red vial, vértices de la red vial, accidentes de tránsito y centros de atención (de Fuenmayor Satorre, 2016). Su implementación se realizó con la extensión PgRouting usando comandos SQL para la determinación del centro de atención más cercano de nivel III a cada accidente para conocer si existen eventos que si fueron trasladados correctamente. Como resultado se tendrá el código referente al nodo más cercano del centro de atención y el identificador (*id*) referente al evento.

Generación de Clústeres

A partir de la espacialización de los puntos, son formados los clúster de los accidentes de tránsito, para obtener la agrupación de los mismos y observar su comportamiento sobre la ciudad (Tessa, 2009). El criterio utilizado para el cálculo de la densidad de Kernel (Silverman, 1986) fue el del vecino más cercano y se realiza en la herramienta Kernel Density del software ArcGIS.

Análisis de patrones puntuales

Para los eventos de tránsito se debe calcular el valor de P-value, que funciona como criterio de descarte de la hipótesis nula para determinar si existe un patrón de comportamiento de los datos (Abellán, y otros, 2002). Este valor debe ser menor a 0.05 para descartar la hipótesis nula e indicar que las funciones F y G pueden ser usadas para explicar su comportamiento (Briceño, y otros, 2010). Los eventos de tránsito pueden ser aleatorios, regulares o agregados (ver Figura 4).

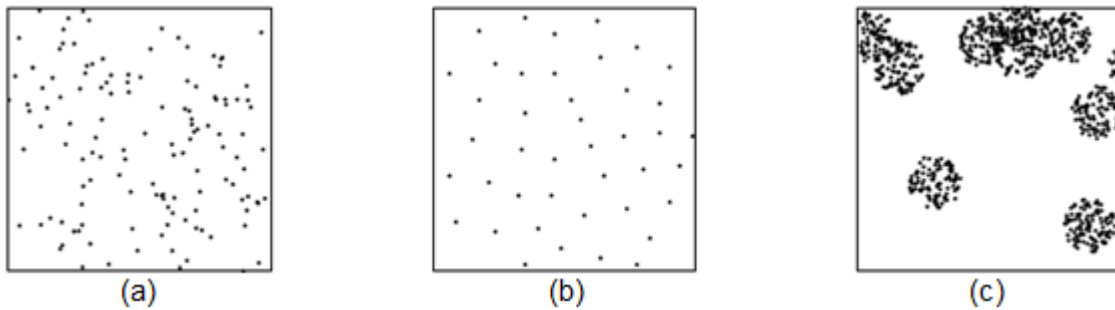


Figura 4. Ejemplo de patrones puntuales de distribución: (a) Aleatorio (b) Regular (c) Agregado.

Fuente: (Giraldo Henao, 2009)

El análisis de los patrones se realiza en el software R a partir de la creación de patrones de puntos de estos eventos. El comportamiento de la función F varía para cada uno de los procesos (ver Figura 5). Usando las bandas de confianza los gráficos de la función F deben comportarse como se muestra en la Figura 6.

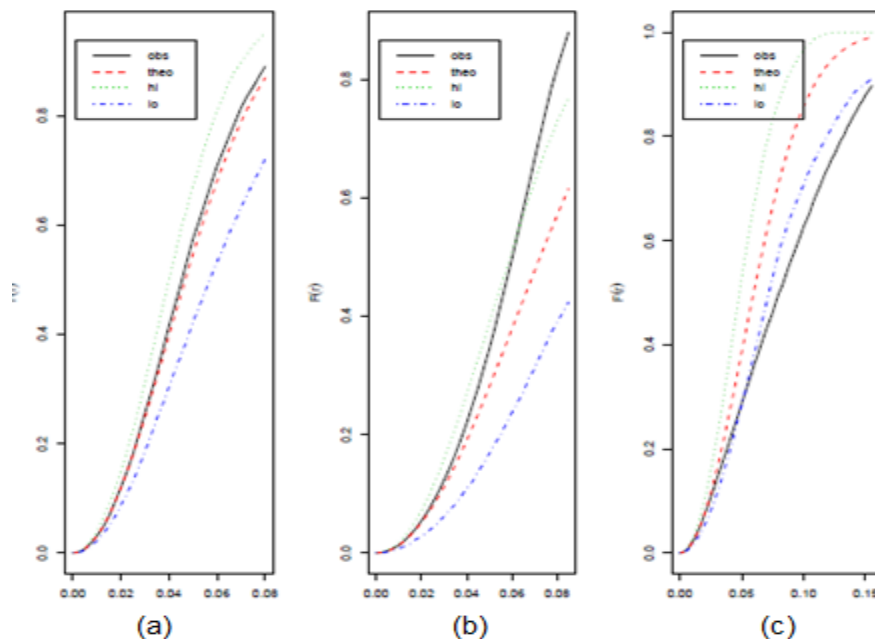


Figura 5. Comportamiento de la función F: (a) Proceso aleatorio (b) Proceso regular (c) Proceso agregado.

Fuente: (Giraldo Henao, 2009).

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

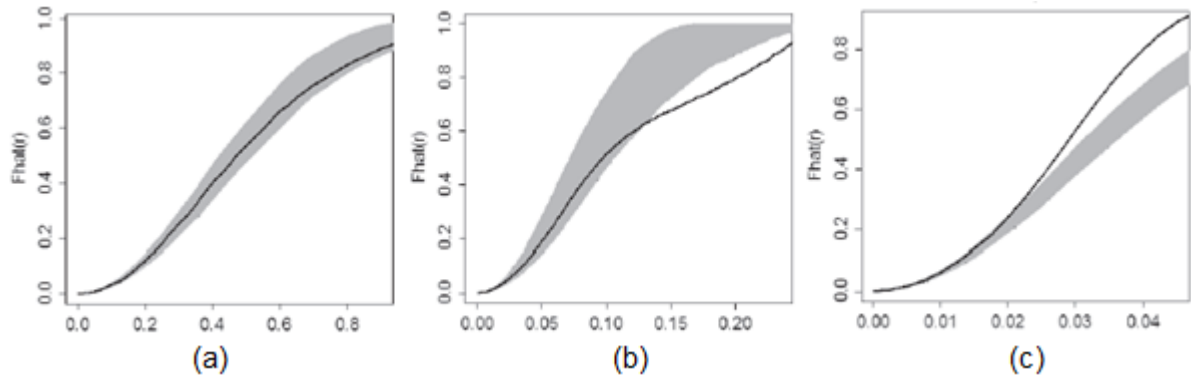


Figura 6. Comportamiento de la función F con bandas de confianza (a) Aleatorio (b) Agregado (c) Uniforme.

Fuente: (Briceño, y otros, 2010).

El comportamiento de la función G varía para cada uno de los patrones (ver Figura 7). Usando las bandas de confianza los gráficos de la función G deben comportarse como se muestra en la Figura 8.

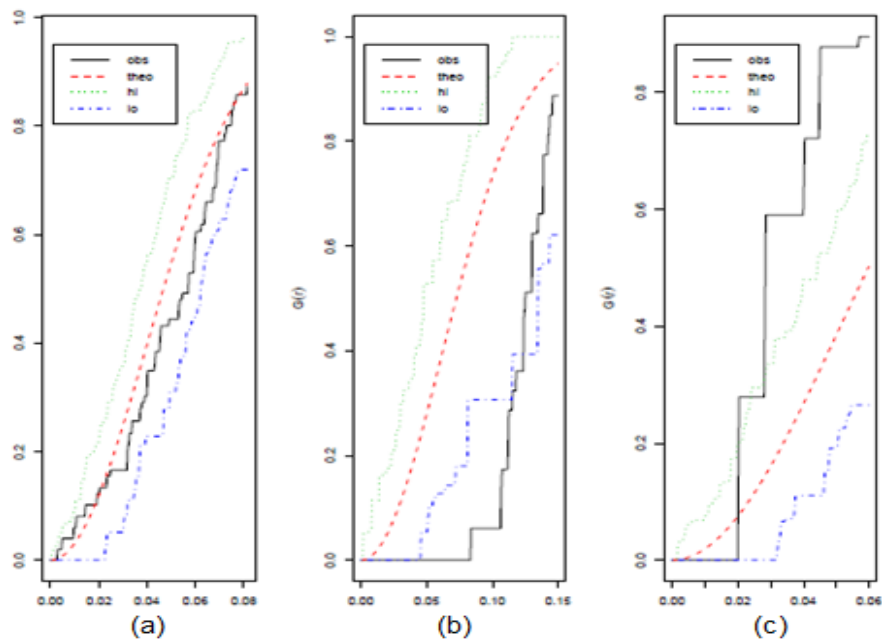


Figura 7. Comportamiento de la función G : (a) Proceso aleatorio (b) Proceso regular (c) Proceso agregado.

Fuente: (Giraldo Henao, 2009).

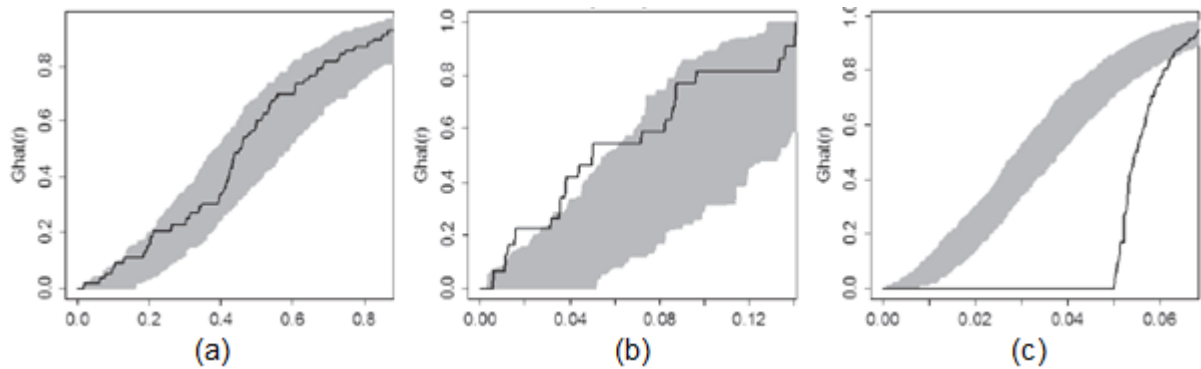


Figura 8. Comportamiento de la función G con bandas de confianza: (a) Aleatorio (b) Agregado (c) Uniforme.

Fuente: (Briceño, y otros, 2010).

3. ÍNDICE DE ACCESIBILIDAD DE GRAVEDAD

Se realiza una exploración sobre este índice debido a que generalmente es utilizado para explicar variables socioeconómicas. Aquí se trabaja sobre la variable de accidentes de tránsito mortales. Este índice determina el potencial de acceso a oportunidades desde una zona determinada o facilidad. En este trabajo, se le denominará “oportunidades” a los eventos de tránsito y facilidad al centro de atención.

Se genera una matriz de distancia, costo o tiempo sobre la red vial entre cada uno de los 763 accidentes hasta cada uno de los 11 centros de atención de nivel III, es decir una matriz de 763×11 . Debido a que el denominador de la ecuación es el número total de accidentes y el análisis es realizado para cada accidente el numerador será 1, por lo que se calcula la inversa de la matriz generada (ver Ecuación 3). Con la inversa de la matriz, se suman las distancias de cada centro de atención obteniendo un valor de accesibilidad para cada uno.

4. ISÓCRONAS

Cálculo de velocidades de la red vial

La red vial de la ciudad de Santiago de Cali cuenta con atributos de velocidades para las vías primarias y secundarias. Para realizar un análisis más detallado se realiza el cálculo de velocidades de las vías terciarias. Este cálculo se realiza mediante un modelo generado, en este se establece la diferencia de velocidades tomadas en campo vs velocidades tomadas en Google Maps. Este modelo toma un valor de muestra basado en la Norma de estudios de tránsito (Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio, 2001) que consiste en aplicar la Ecuación 5.

Según la Norma, se usará un valor de S de 7.7 km/h correspondiente a un área de tránsito urbana y un tipo de carretera de 2 carriles, un valor de K de 1.96 correspondiente a un nivel de confianza del 95% y un valor de E de 2 km/h correspondiente al error permitido. El tamaño de muestra que se debe tomar será de 60 datos, que serán graficados para establecer un modelo que calcule la velocidad en campo.

Generación de isócronas

Se realiza el cálculo de la impedancia mediante el uso de las velocidades de cada una de las vías usando la Ecuación 6, es decir el valor en minutos de recorrido de cada tramo de la red vial. Mediante la herramienta Analysis Network del software ArcGIS son calculadas las áreas de servicio para los centros de atención, correspondientes a los intervalos de tiempo de 5, 10, 15, 20 y 30 minutos. En las áreas de 5 y 10 minutos se realiza un análisis del número de registros de accidentes de tránsito fueron trasladados al centro de atención de nivel III más cercano. Para las áreas de 15, 20 y 30 minutos se realiza un análisis de las zonas donde hay conglomeraciones de accidentes para establecer esta área como una zona crítica.

Los registros de accidentes de tránsito trasladados a centros de atención de nivel I y II serán analizados para determinar en qué intervalo de tiempo se encuentran, con el propósito de establecer si estos registros fueron trasladados por razón de cercanía respecto a los centros de atención de nivel III.

5. VALIDACIÓN DE RESULTADOS

La validación de los resultados se realizará mediante una comparación entre trabajos realizados anteriormente por otros autores con metodologías similares y los resultados obtenidos en este trabajo.

RESULTADOS

1. ANALISIS ESPACIAL

Antes de normalizar los datos fueron eliminados 56 registros donde el campo “dirección” no tenía información y aquellos con dirección “sin dato” (ver Anexo 1).

Al finalizar del proceso de geocodificación, se obtiene un 80% de puntos geocodificados (763), 1% de puntos pendientes (11) y 19% de puntos no geocodificados (182). Este 20% se intentó corregir de forma manual pero se encontraron registros de accidentes con direcciones incompletas o inexistentes, por lo cual no fue posible geocodificarlos. Se obtuvo un total de 763 accidentes de tránsito georreferenciados. Se obtuvo un 100% de puntos geocodificados correspondientes a los centros de atención (ver Figura 9).

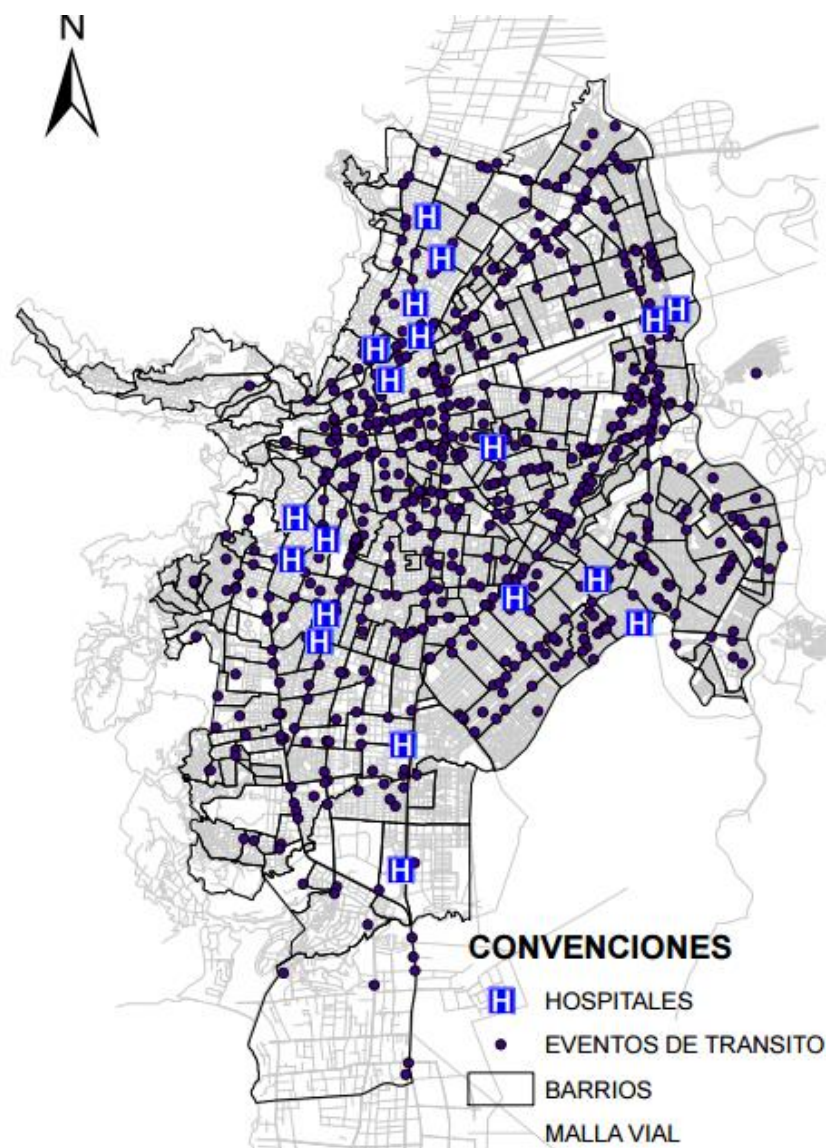


Figura 9. Distribución de los accidentes de tránsito 2011-2015.

Índice de accesibilidad de Shimbel

Se calculó la suma de las distancias entre el centroide de cada barrio con los centroides de los demás barrios obteniendo una matriz de 341 x 341 elementos debido a que la ciudad de Cali cuenta con un total de 341 barrios. Las distancias de esta matriz corresponden a la ruta más corta entre cada centroide de cada barrio (ver Figura 3). La matriz resultante contiene una diagonal de ceros que corresponde a la distancia en ruta del centroide de cada barrio con el mismo (Anexo digital 1).

El valor de accesibilidad de cada barrio se asignó a su centroide correspondiente y finalmente se realizó una interpolación de estos valores usando la herramienta IDW del software ArcGIS (Childs, 2004), donde se obtuvo la accesibilidad de la ciudad de Cali a nivel de barrio (ver Figura 10). Se tiene una buena accesibilidad entre los barrios del centro, oriente y parte de la zona centro-sur de la ciudad. En la otra parte del sur y el norte de la ciudad la accesibilidad es más baja y se observan barrios más críticos como lo son el Sector del Puente del Comercio, El Bosque, Petecuy II y Parcelación Pance ubicada al extremo sur de la ciudad.

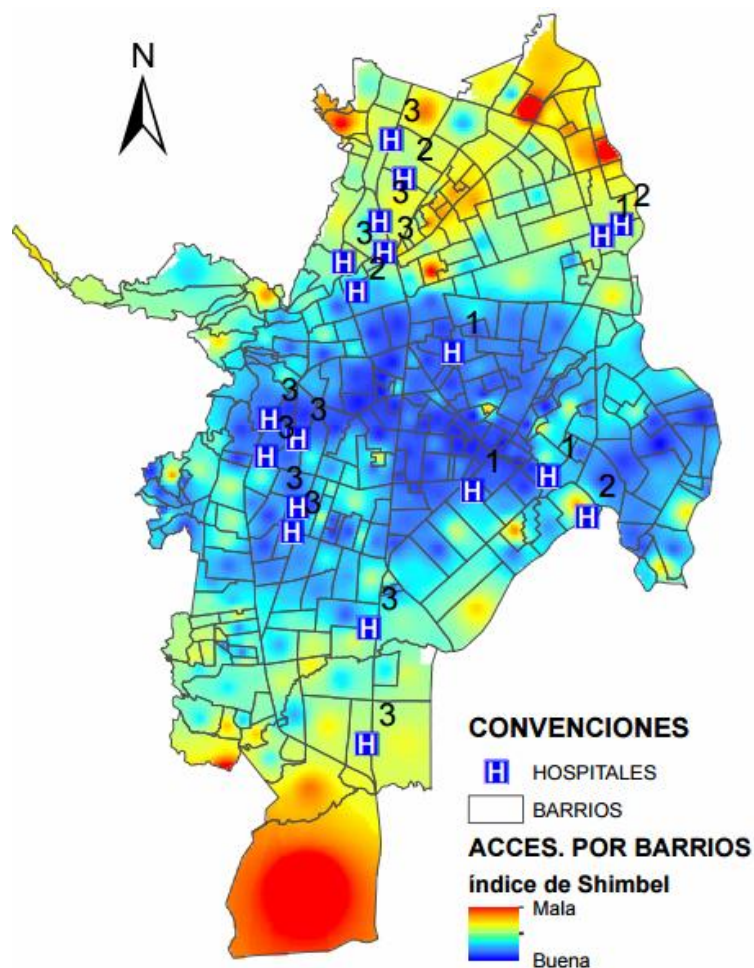


Figura 10. Índice de accesibilidad de Shimbel a nivel de barrio para Cali.

Este valor de accesibilidad es asignado a cada centro de atención por medio de un análisis raster usando ArcGIS. Después de esto, se observa que la media de la accesibilidad de los centros de atención es muy similar a la media de la accesibilidad de los barrios de Cali lo que sugiere que los centros de atención tienen una buena accesibilidad con los barrios (ver Figura 11). Contrario a su buena accesibilidad con los barrios, no se tiene una distribución homogénea sobre la ciudad de los centros de atención según su nivel de complejidad.

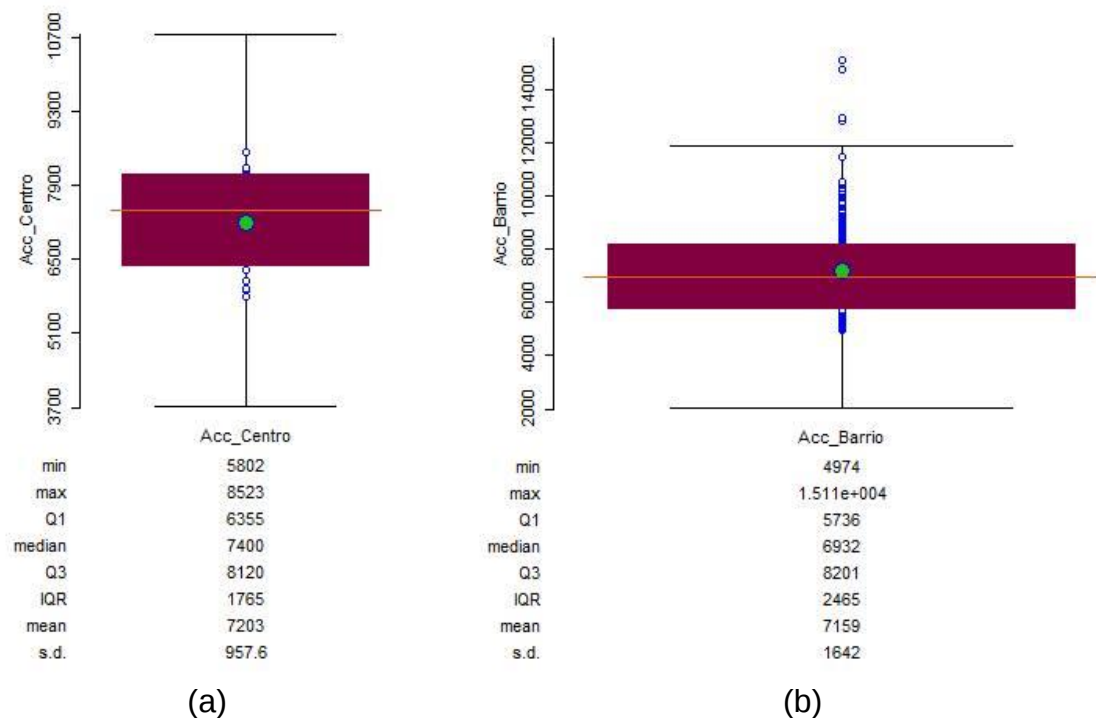


Figura 11. (a) Gráfico de caja del índice de accesibilidad de Shimbél a nivel de barrio para cada centro de atención. (b) Gráfico de caja del índice de accesibilidad de Shimbél a nivel de barrio para Cali.

2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y ESTADÍSTICO

A partir de los registros de eventos mortales, usando el software ArcGIS se realizó el conteo de número de eventos de tránsito por barrio para conocer el comportamiento de los datos en la ciudad. Se encontraron barrios hasta con 21 accidentes y barrios sin registro de eventos. También, se tiene un promedio de 2 accidentes por barrio en la ciudad de Cali (ver Figura 12). Los barrios con más número de registros de accidentes de tránsito fueron dos: Nueva Floresta y Siete de Agosto.

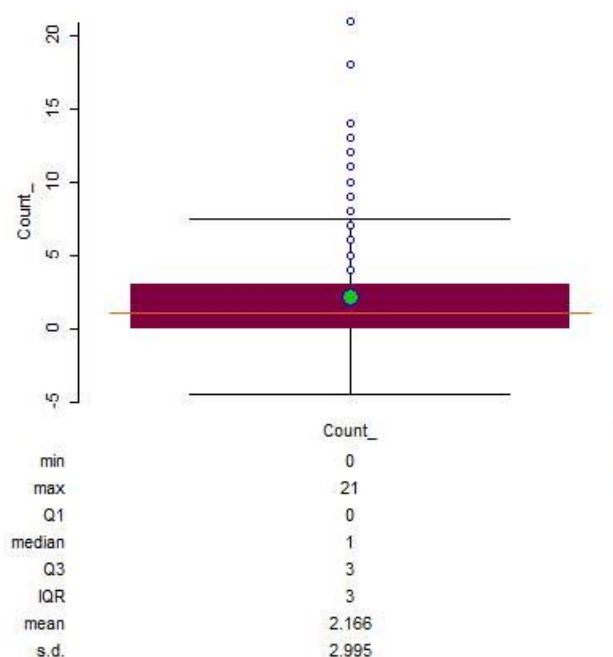


Figura 12. Gráfico de caja del conteo de accidentes de tránsito por barrio.

Analizando el total de eventos de tránsito (956) se tiene un total de 287 casos que fueron trasladados a centros de atención de nivel III, 220 casos que fallecieron en el lugar del accidente, 16 casos trasladados a centros de atención de nivel I y II; y un total de 433 casos que no tienen información acerca del destino del paciente, este último correspondiente al 45% de los registros (ver Figura 13 y 14).

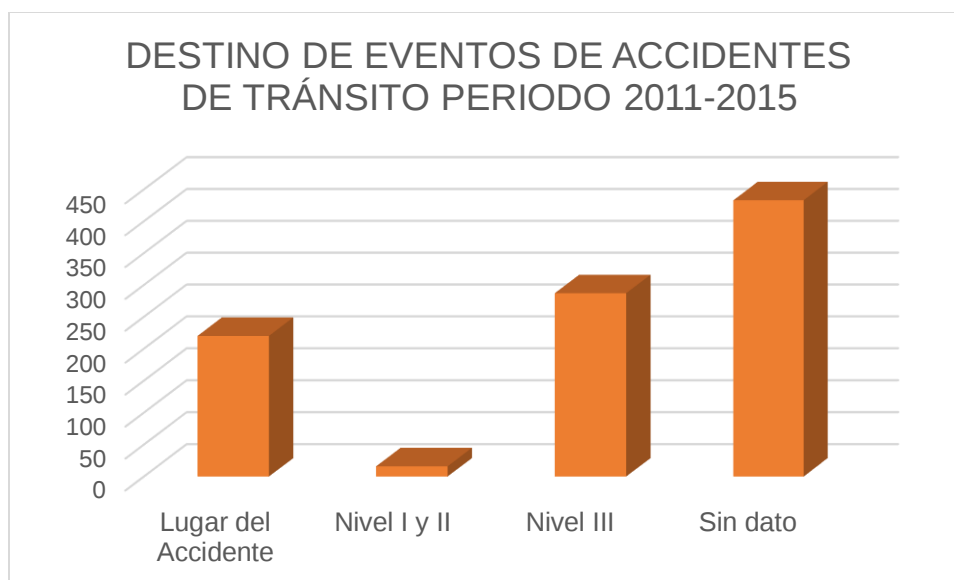


Figura 13. Número de registros según destino del traslado.

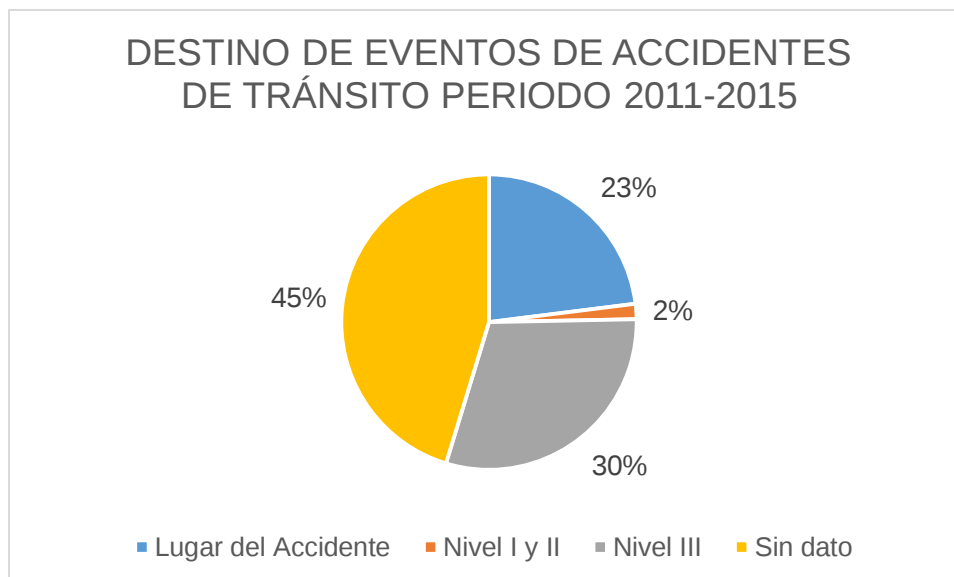


Figura 14. Gráfico circular del destino de accidentes de tránsito.

Los centros de atención con mayor número de registros de eventos trasladados a su ubicación son el Hospital Universitario del Valle y la Clínica Nuestra Señora de los Remedios con 101 y 157 eventos respectivamente (ver Anexo 2). Estos centros de atención de nivel III encierran una de las conglomeraciones de eventos de la ciudad que se encuentra ubicada en su centro (ver Figura 16).

Mediante el software PgAdmin se identificó el nodo más cercano a cada evento de tránsito y cada centro de atención de nivel III. A partir de esto, se determinó la ruta mediante nodos desde cada accidente a los centros de atención nivel III y se escogió la ruta con distancia más corta. Con este resultado se comparó el centro de atención de destino de cada registro y el destino correcto al que tuvo que ser trasladado. Se encontraron un total de 47 de 287 registros que si fueron trasladados al centro de atención de nivel III apropiado (ver Figura 15 y Anexo 3).

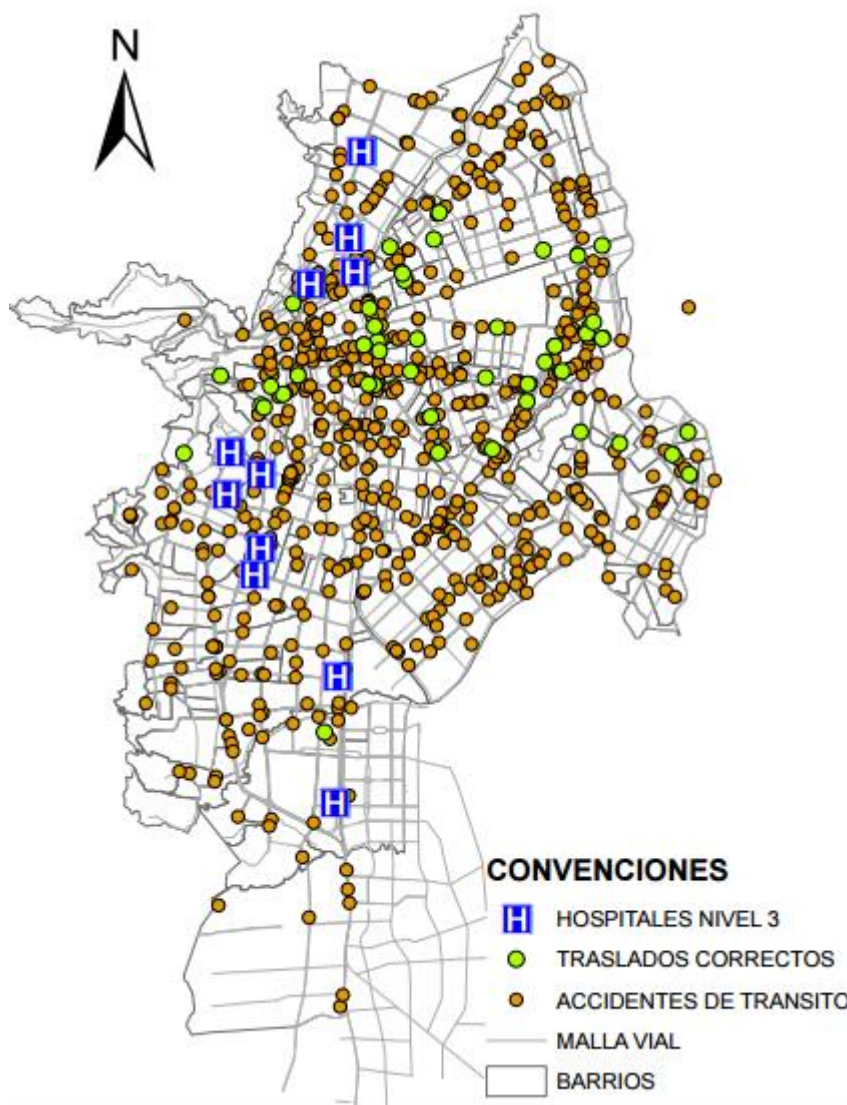


Figura 15. Accidentes de tránsito vs casos de traslado oportuno.

Se tiene el conteo de accidentes de tránsito en la ciudad y los centros de atención con su respectivo nivel, donde el tamaño del punto muestra el número de eventos que tuvo que recibir (ver Figura 16). Los centros de atención al límite de la zona más densa tienen una mayor cantidad de accidentes registrados.

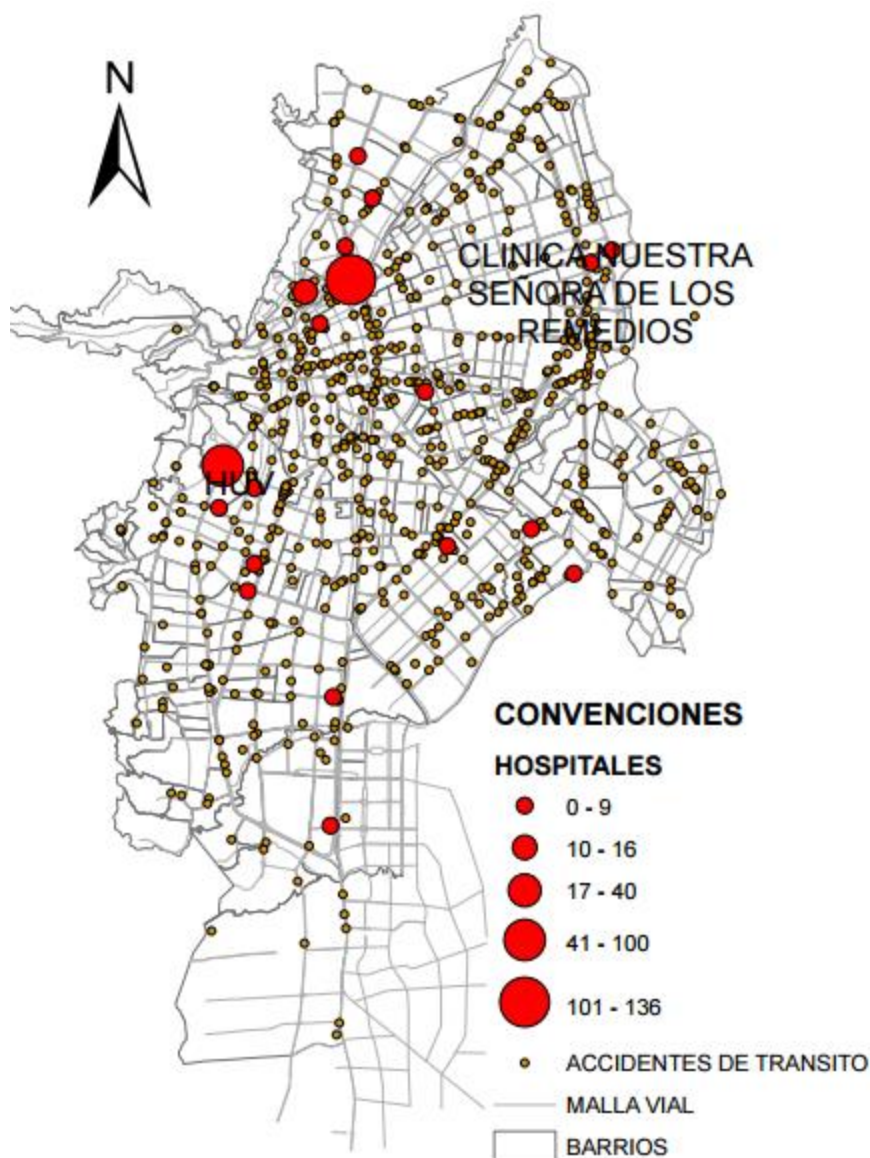


Figura 16. Conteo de accidentes de tránsito para cada centro de atención.

Una de las explicaciones de por qué se presenta mayor concentración de casos de traslados asistenciales de complejidad severa en los centros de atención: Clínica Nuestra Señora de los Remedios y Hospital Universitario del Valle, es la posición geográfica respecto a la gran concentración central de accidentes de tránsito por lo que se puede pensar que son los usados para el traslado en esta zona. Otra razón es, según (Guerrero Caha, 2015) en entrevistas semiestructuradas realizadas a informantes claves con experiencia en traslado asistencial en cuanto a operatividad y normatividad, estos centros de atención admiten pacientes para poder generar cobro a través del SOAT, encontrándose casos donde se recibe el paciente, se genera el cobro y posteriormente el paciente es trasladado a otro centro de atención. También, son centros de atención históricamente representativos para la ciudad por lo cual una persona con poca

experiencia en el traslado asistencial podría tenerlos en cuenta como centros de referencia. Esto sumado a que los servicios de traslado asistencial básico que son los que actualmente prestan el servicio de traslado no responde a un sistema de regulación, por lo que la decisión del traslado queda únicamente a manos de la persona que maneja el vehículo (Guerrero Caha, 2015).

Generación de clústeres

Usando la herramienta Kernel Density del software ArcGIS se obtiene un raster donde cada pixel contiene información de la cantidad de puntos sobre la zona. Se utilizó el valor predeterminado de radio de búsqueda. Para conocer este valor se debe despejar el radio de búsqueda de la Ecuación 4, donde se tiene que es igual al tamaño de pixel multiplicado por 8.333. Debido a que el tamaño de pixel es 10 m x 10 m se obtuvo un valor de radio de búsqueda de 83 metros. El resultado de este proceso se comparó con el conteo de eventos de accidentes recibido por centro de atención (ver Figura 17).

Se observa una alta densidad de puntos cerca a los centros de atención que tienen mayor número de accidentes. También, en la zona oriental de la ciudad ciertas conglomeraciones de accidentes, teniendo en cuenta que en esta zona no se encuentran centros de atención de nivel III que le dé cobertura.

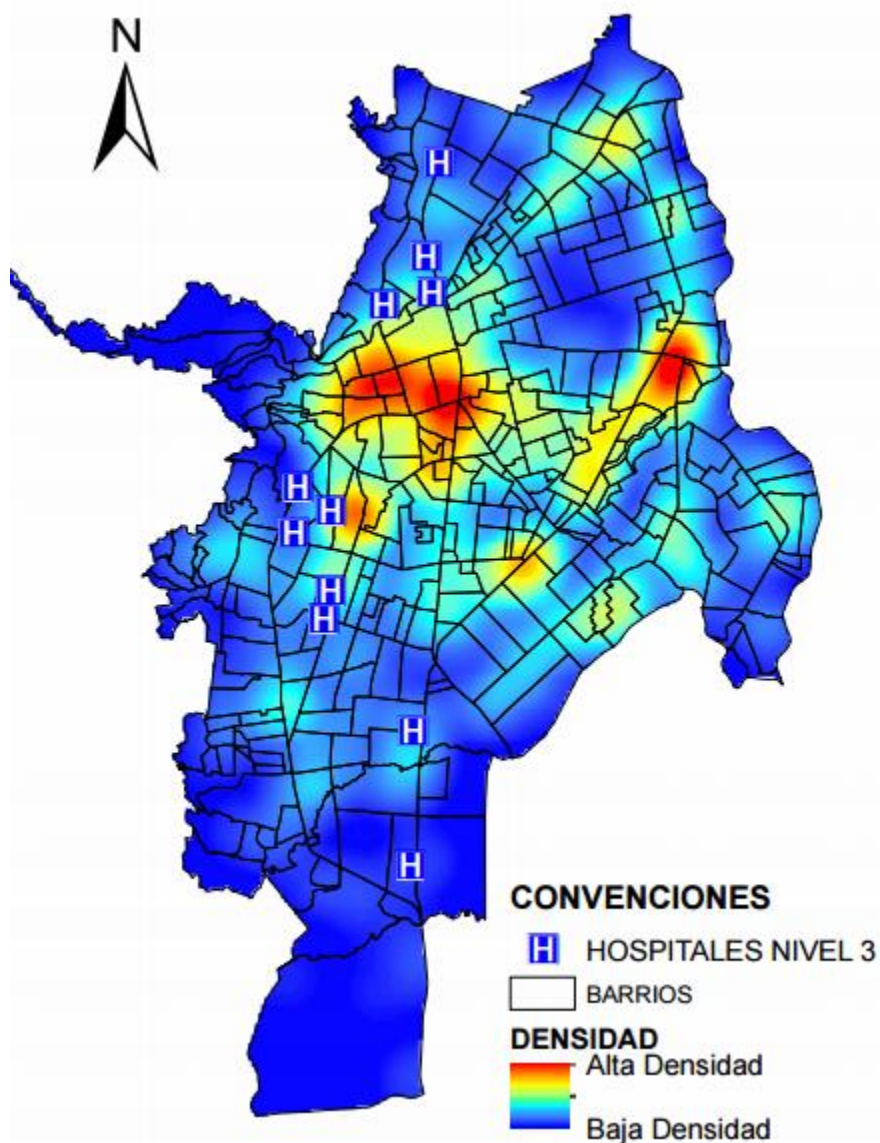


Figura 17. Densidad de eventos de accidentes de tránsito.

Análisis de patrones puntuales

Para los eventos de tránsito se debe calcular el valor de P-value, que funciona como criterio de descarte de la hipótesis nula para determinar si existe un patrón de comportamiento de los datos. Este valor debe ser menor a 0.05 para descartar la hipótesis nula e indicar que las funciones F y G pueden ser usadas para explicar su comportamiento.

Se obtuvo un valor de P-value de 2.2×10^{-6} que significa que pueden ser usadas las funciones F y G para explicar el comportamiento de los datos de eventos de tránsito. Para la función F se obtuvo que está por debajo de los intervalos creados

por la línea roja y azul que son el valor de distancia mínima y máxima de distancia entre puntos, es un comportamiento característico de un patrón puntual agregado.

Se observa para la función G que la línea negra que es el comportamiento de los patrones se encuentra por encima de los límites rojo y azul, que significa un exceso de pequeñas distancias al vecino más cercano lo cual es una característica de un patrón puntual agregado (ver Figura 18).

El resultado de estas dos funciones evidencia que en la zona urbana de la ciudad de Cali hay conglomeraciones de accidentes de tránsito.

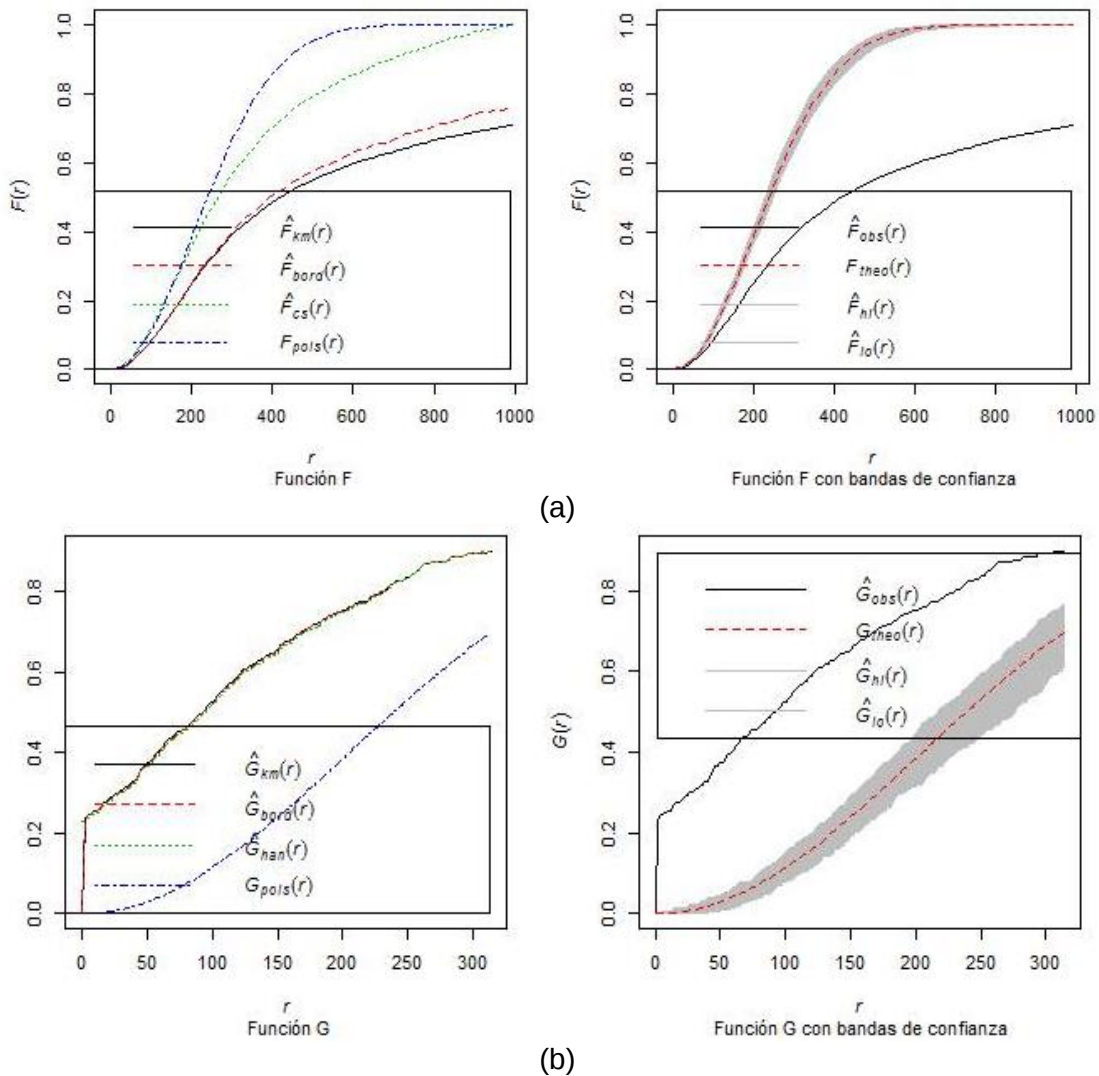


Figura 18. (a) Gráfica de la función F (b) Gráfica de la función G.

3. ÍNDICE DE ACCESIBILIDAD DE GRAVEDAD

Se obtuvo una matriz de 763 x 11 correspondiente a las distancias sobre la red vial entre cada uno de los 763 accidentes hasta cada uno de los 11 centros de atención de nivel III (ver Anexo digital 2). A partir de esta matriz se calculó su

inversa que corresponde a la aplicación de la Ecuación 3, donde posteriormente se sumaron los valores correspondientes a la accesibilidad de cada centro de atención (ver Tabla 2).

Donde el valor más bajo significa peor accesibilidad y el más alto mejor accesibilidad (ver Figura 19). El centro de atención al que los eventos de tránsito de estudio tienen mejor accesibilidad es la Clínica Rey David debido a su ubicación con respecto a las conglomeraciones.

CENTRO DE ATENCIÓN	VALOR DE ACCESIBILIDAD
Hospital Universitario del Valle	0.190066038
Fundación Valle del Lili	0.097776785
Instituto del Seguro Social- Clínica Uribe Uribe	0.161838283
Clínica de Occidente	0.209193423
Clínica Santillana	0.205636721
Clínica Imbanaco	0.184983111
Clínica Farallones	0.177597237
Clínica Sebastián de Belalcázar	0.135075245
Clínica Rey David	0.326141717
Clínica Amiga	0.127960544

Tabla 2. Valor de accesibilidad para cada centro de atención.

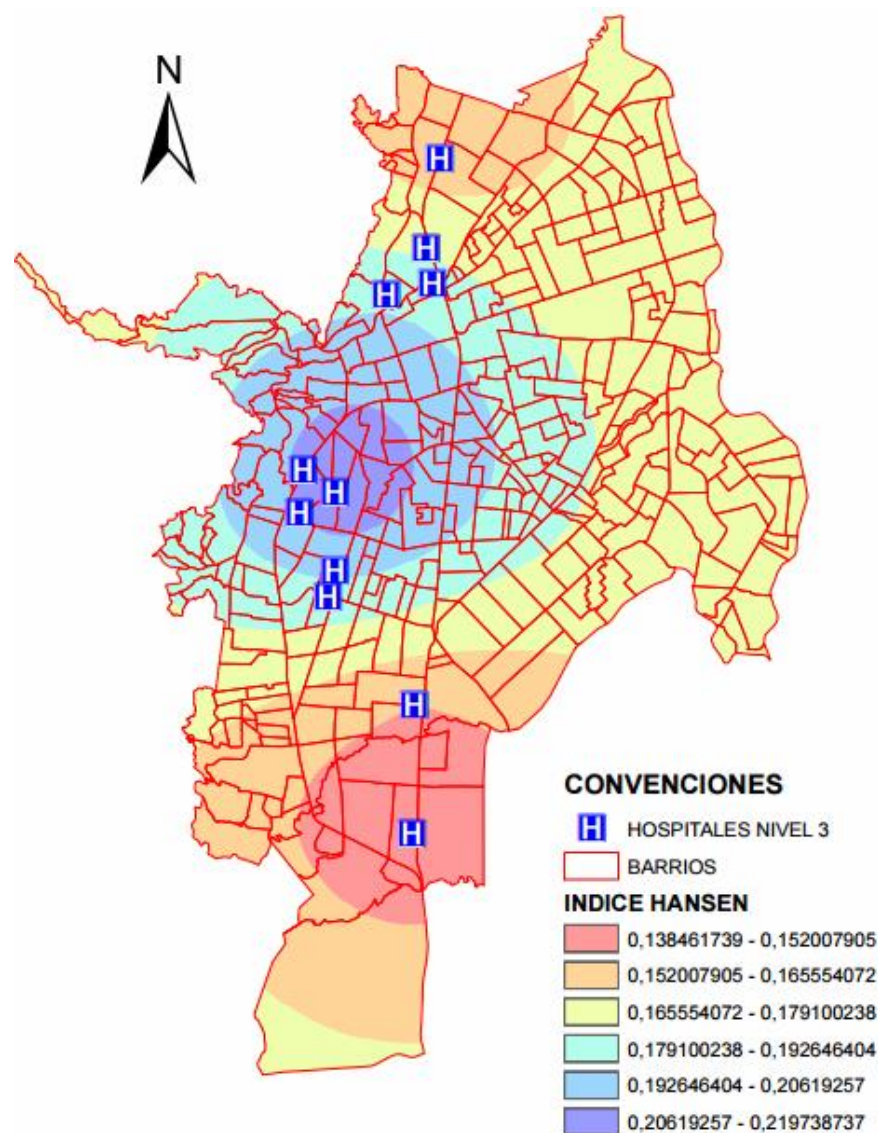


Figura 19. Índice de accesibilidad de Hansen para los centros de atención respecto a los eventos de accidentes de tránsito.

Se observa que la zona centro que cuenta con una gran conglomeración de accidentes tiene una alta accesibilidad a los centros de atención de nivel III y gran parte de la zona oriental y pequeña parte de la zona sur de la ciudad tiene una accesibilidad media a los centros de atención. También, se observa que la zona sur de la ciudad tiene una accesibilidad baja a los centros de atención debido a que no hay conglomeraciones grandes de accidentes en esta zona. De acuerdo a la demanda de accidentes de tránsito que se observa en la zona centro de la ciudad, se muestra en la zona sur una baja accesibilidad debida a que estos eventos al ser pocos están fuera de la zona de influencia.

4. ISÓCRONAS

Cálculo de velocidades de la red vial

Usando la red vial que cuenta con las velocidades de las vías primarias y secundarias, se tomó una muestra de 60 datos que contenía una gran cantidad de datos atípicos. Debido a esto se tomó una muestra de 176 datos de los cuales se escogieron finalmente los 60 datos que mejor explicaran el comportamiento de las velocidades de campo. Por esto, se escogieron los 60 datos que mejor explican el modelo, para obtener un resultado con un nivel de confianza del 95% y un error de 2 km/h. Los 60 datos que mejor explicaron el modelo y tuvieron una mejor correlación se encontraron en una diferencia con los datos de campo de -7 km/h hasta 7 km/h, que al ubicarlos sobre la campana de Gauss se observa que estas diferencias están ubicadas donde hay menos dispersión (ver Anexos 5 y 6).

Los 60 datos iniciales mostraron una correlación del 6.3%, siendo un valor muy bajo para usar el modelo. A partir de los 60 datos finales se encontró una correlación del 88.4%, siendo un valor de correlación aceptable para utilizar el modelo (ver Figura 20).

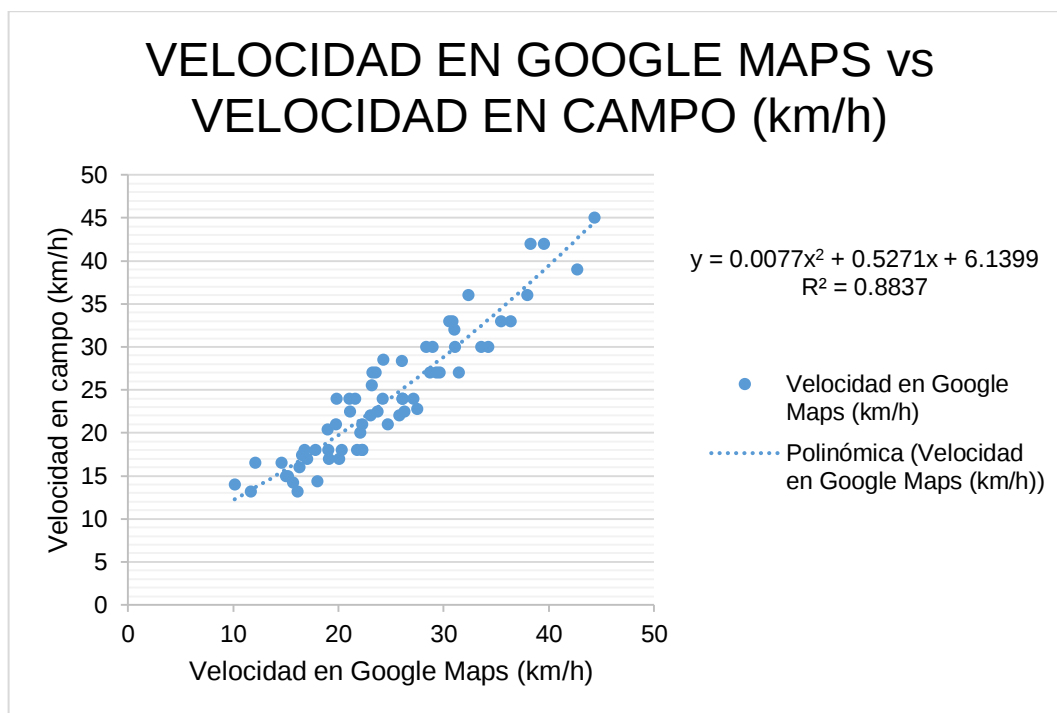


Figura 20. Gráfico velocidades en Google Maps vs velocidades en campo (km/h).

El modelo final para calcular las velocidades en campo de las vías colectoras corresponde a la Ecuación 7.

$$y = 0.0077x^2 + 0.5271x + 6.1399 \quad (7)$$

Generación de isócronas

Usando los datos de velocidades de las vías primarias, secundarias y terciarias se calcularon los tiempos de recorrido para cada tramo. La impedancia se calculó utilizando la Ecuación 6. A partir del tiempo de recorrido de cada tramo se emplea la herramienta Service Area de ArcGIS para establecer áreas de servicio para 5, 10, 15 y 30 minutos, estos tiempos son utilizados debido a que explican de forma correcta el problema de recorrido que tienen algunas ambulancias.

Según (Cobo Borrero, 1993) se establece que 10 minutos es el tiempo de traslado necesario para salvar la vida del paciente. Las zonas de traslados hasta 10 minutos corresponden al área de la ciudad donde existe la posibilidad de que un paciente de accidente de tránsito en estado grave sobreviva en el traslado a un centro de atención de nivel III (ver Figura 21).

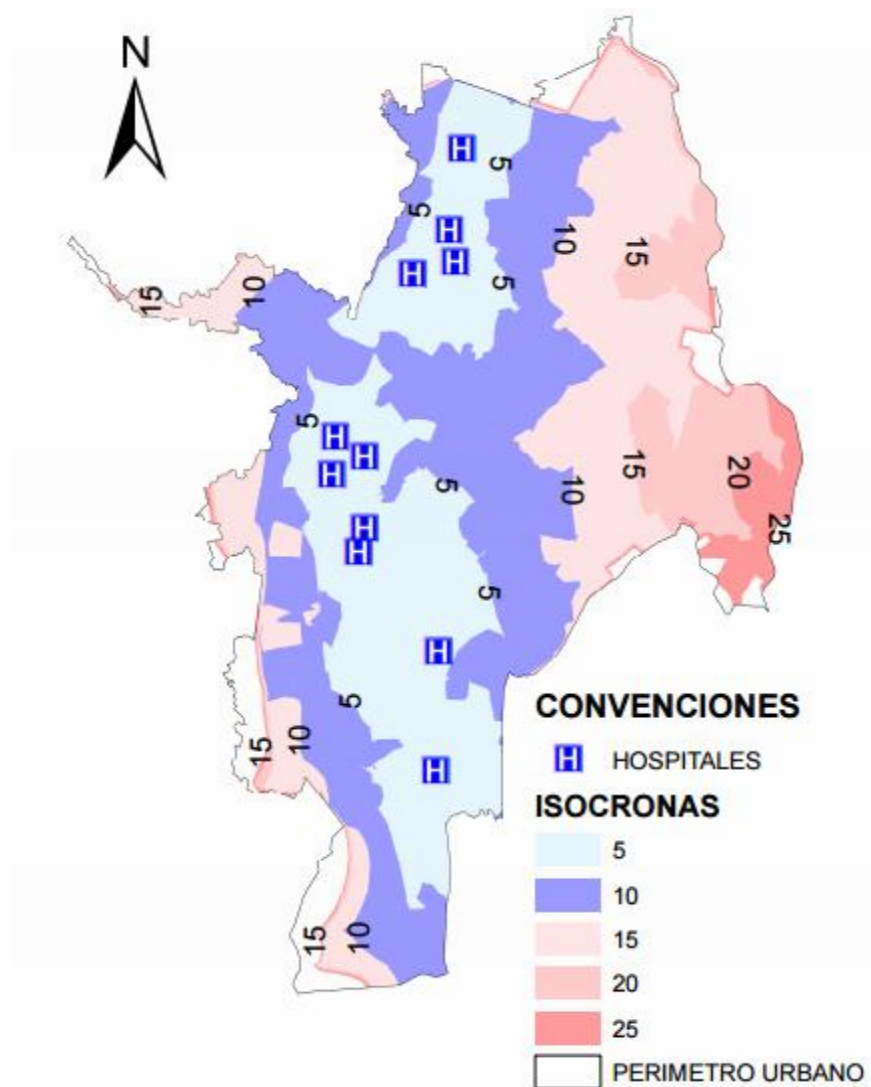


Figura 21. Isócronas sobre la malla vial y respectivos centros de atención nivel III.

Se observan zonas sin servicio, es decir las zonas que se encuentran en color blanco donde no se tiene cobertura de la malla vial para establecer tiempos de recorrido. También, las zonas correspondientes a traslados de más de 10 minutos donde es probable que en la ocurrencia de un accidente de tránsito con pacientes en estado grave, el traslado será deficiente.

Para el servicio de traslado en las zonas de más de 10 minutos prevalecen los estratos 1 y 2 y sobre las zonas de 5 y 10 minutos prevalece el estrato medio y alto. Sobre las zonas críticas, es decir las zonas correspondientes a 15, 20 y 30 minutos se observan grandes conglomeraciones de accidentes, de los cuales se puede pensar que la causa de la muerte del paciente sea el traslado ineficiente (ver Figura 22).

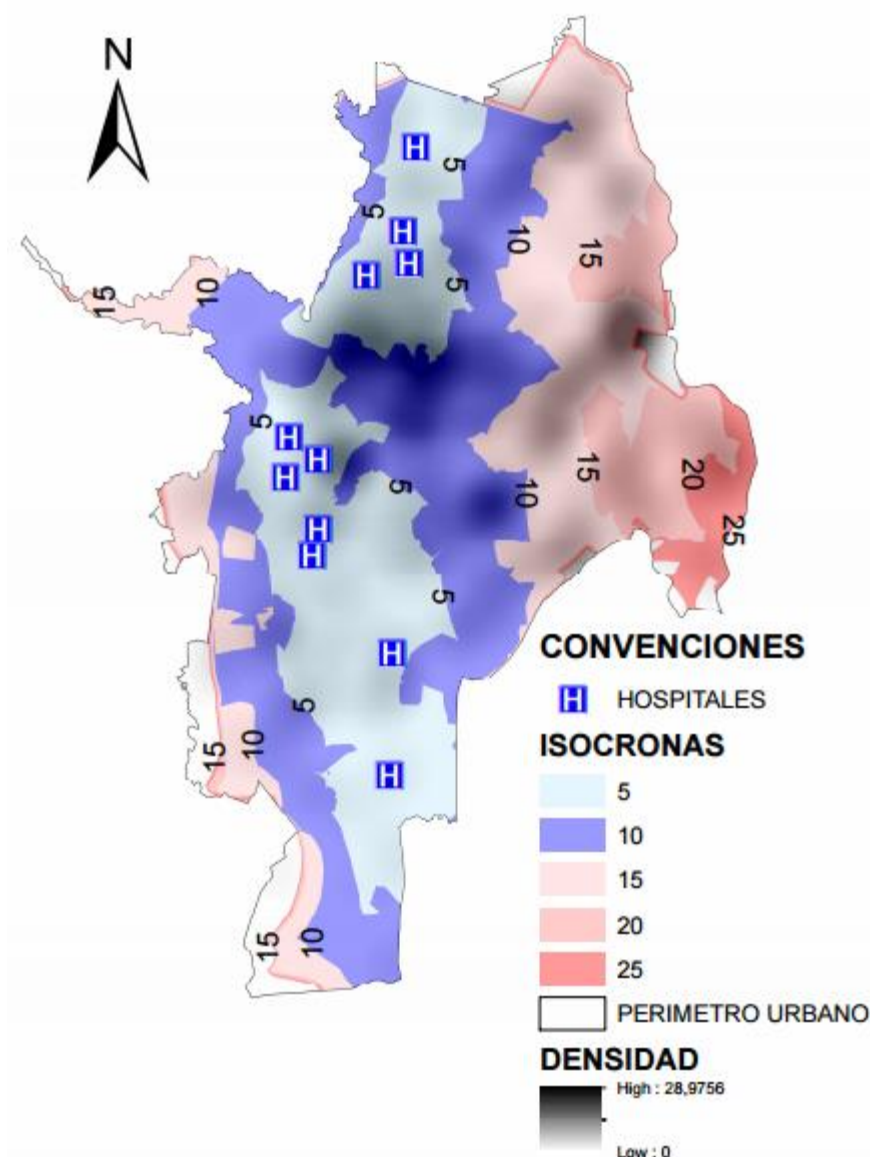


Figura 22. Isócronas vs densidad de eventos de accidentes de tránsito.

Se realizó un análisis sobre el comportamiento de los eventos de tránsito ocurridos en el área de hasta 10 minutos de traslado, donde se espera que su traslado sea al centro de atención correcto. Dentro de la zona de influencia se encontraron 492 eventos, de estos solo 25 fueron trasladados al centro de atención más cercano. Este comportamiento apunta a que el traslado de los pacientes se realiza de manera incorrecta, siendo solo un 5% con traslado adecuado del total de eventos.

Los accidentes que fueron trasladados al centro de atención adecuado se encuentran en la zona donde hay mayor conglomeración de accidentes, a excepción de un evento fuera de esta zona (ver Figura 23).

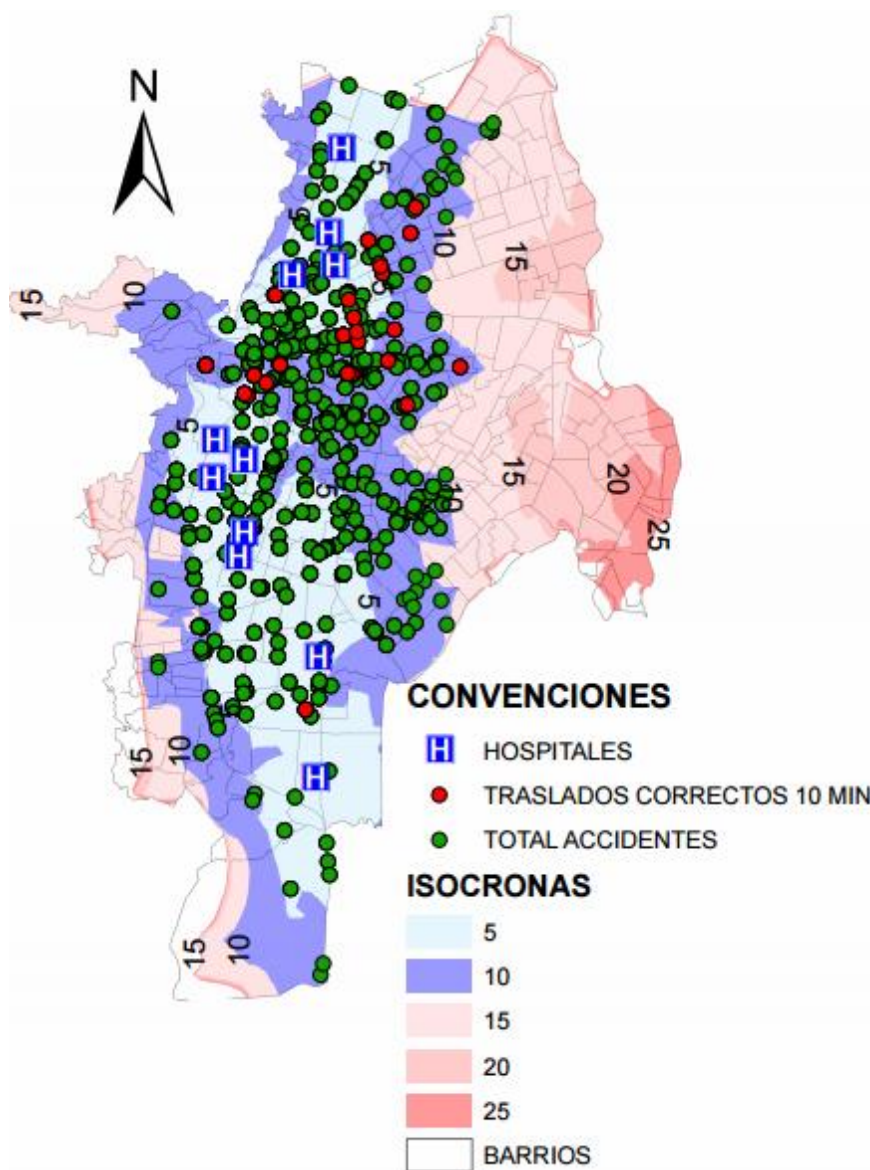


Figura 23. Eventos trasladados en un tiempo de hasta 10 minutos vs Localización de eventos trasladados al lugar correcto.

En el área correspondiente a las zonas críticas, es decir los intervalos de 15, 20 y 25 minutos se encuentran la mayoría de eventos trasladados a centros de atención de nivel I y II (ver Figura 24). Su traslado a un centro de atención del nivel no adecuado se podría explicar por el hecho de realizar el traslado al centro de atención más cercano más no al del nivel necesario, con el fin de que recibiera atención en el menor tiempo posible. En la zona correspondiente a 5 minutos de traslado está ubicado uno de estos eventos para el cual si se puede deducir que su traslado no fue el adecuado. Estas zonas críticas son áreas vulnerables a los efectos dañinos de una amenaza, en este caso los accidentes de tránsito. Estos últimos, pueden ocasionar muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (Naciones Unidas, 2009).

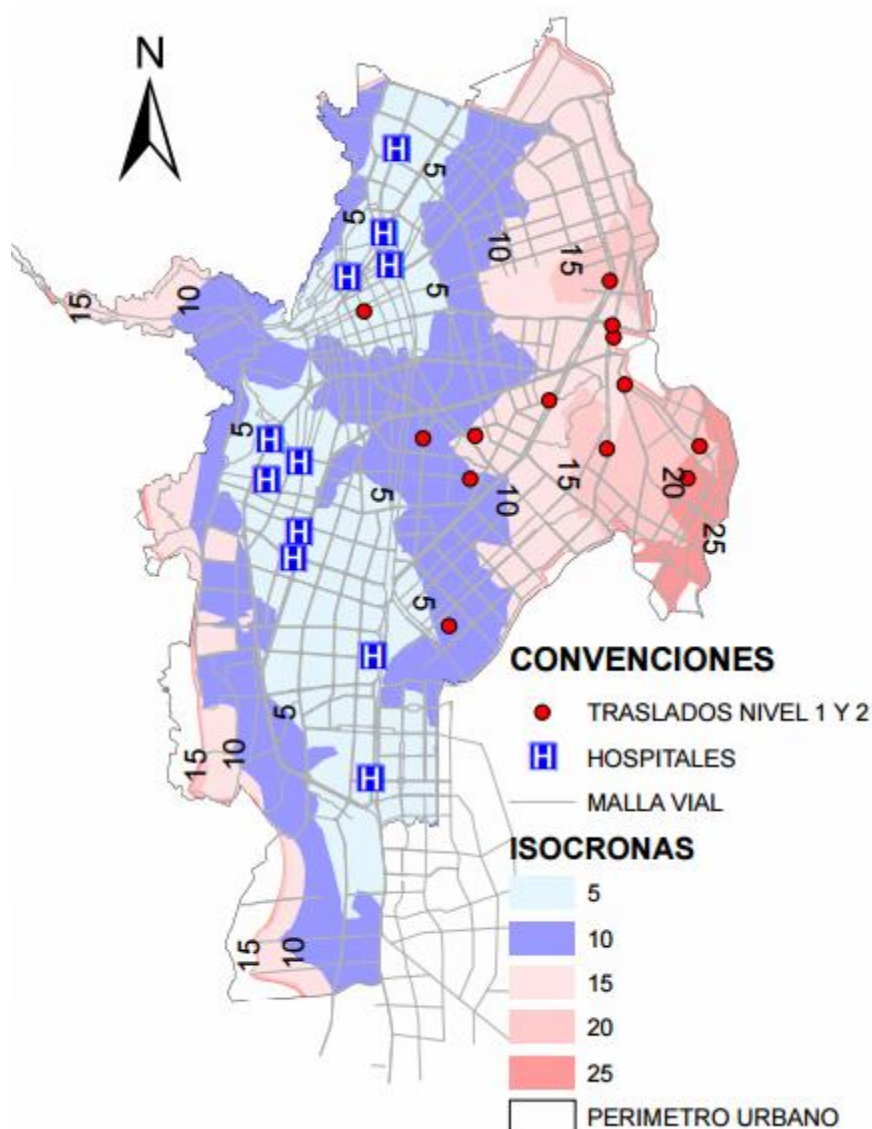


Figura 24. Eventos de accidentes de tránsito trasladados a centros de atención de nivel I y II.

Zonas críticas en Cali

Se establecieron las zonas críticas a partir de dos criterios. Como primer criterio los lugares con más de 10 minutos de traslado sobre la red hacia un centro asistencial de nivel III y segundo, los lugares con conglomeraciones de accidentes. Esto, debido a que en un traslado de más de 10 minutos es probable que el paciente no sobreviva (Cobo Borrero, 1993) y los lugares donde hay conglomeraciones de accidentes en un periodo de tiempo determinado (2011-2015) es donde hay más probabilidad de que un evento ocurra.

Las zonas críticas se encuentran sobre la zona oriental del perímetro urbano. Se observan los centros de atención de nivel III sobre la zona occidental de la ciudad creando un corredor sobre esta zona (ver Figura 25). Esto, es una evidente división de la ciudad de sur a norte.

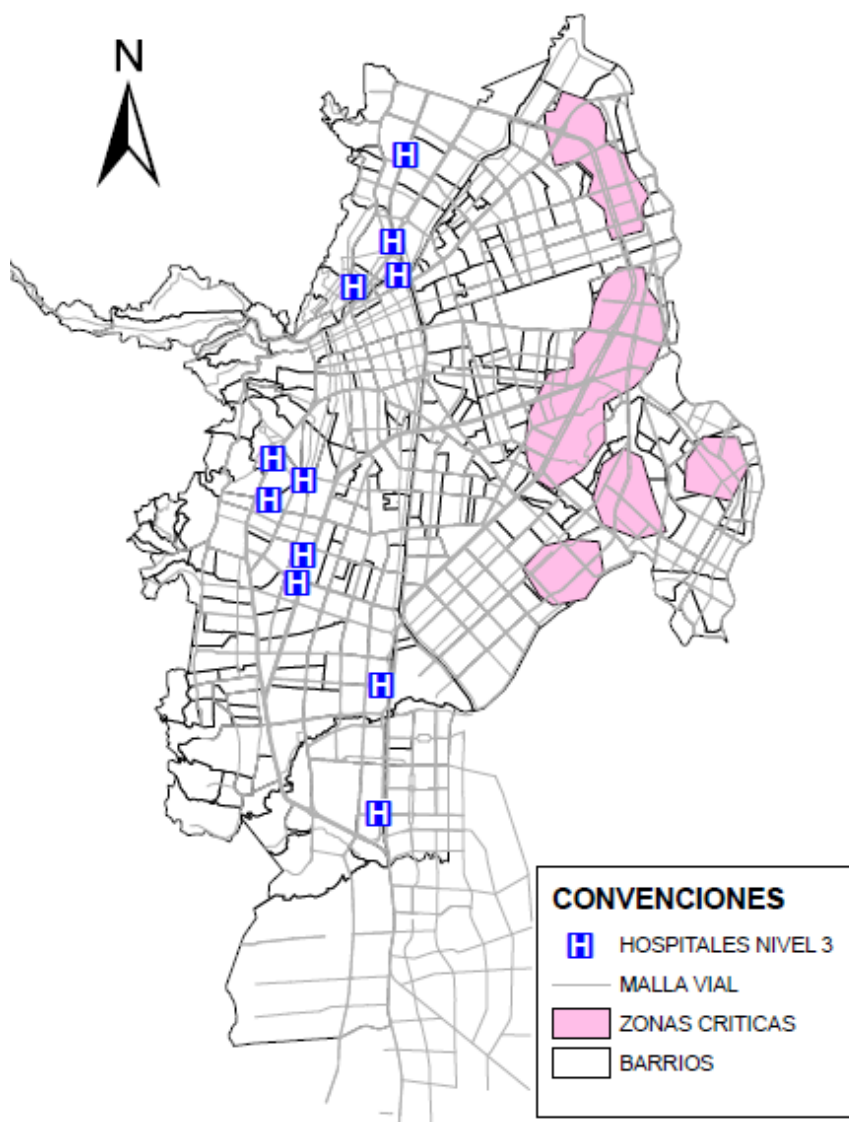


Figura 25. Zonas críticas para el traslado asistencial de la ciudad de Cali.

El promedio de los barrios comprometidos en las zonas críticas son de estrato bajo (2) (ver Figura 26). También, barrios de estrato bajo-bajo (1) y estrato medio-bajo (3), teniendo en cuenta que se afectan los vehículos que van de paso por el lugar y no las personas que viven en esta zona como tal.

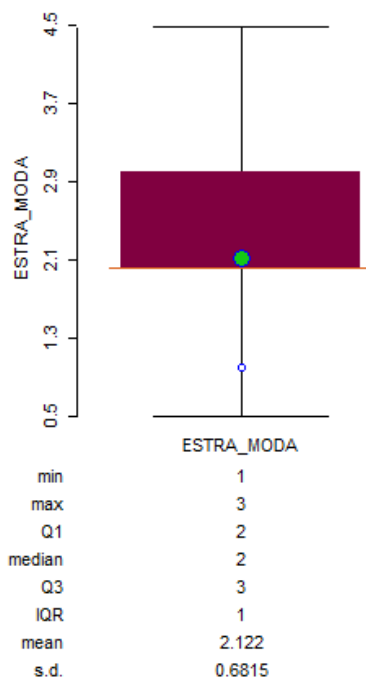


Figura 26. Diagrama de caja barrios de las zonas críticas.

Las comunas afectadas son las comunas 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15 y 21. Desde el punto de vista de las vías, la Calle 70 es una de las calles más afectadas ya que sobre esta vía se encuentra una gran densidad de accidentes de tránsito y es una vía principal con un gran volumen de autos. Los barrios involucrados se pueden ver en el Anexo 4.

5. VALIDACIÓN

Conglomeración de accidentes de tránsito

Este resultado se comparó con un trabajo realizado por el Grupo de Investigación de Tránsito, Transporte y Vías (GITTV) en conjunto con el Instituto CISALVA de la Universidad del Valle. El proyecto contó con información de accidentes de tránsito categorizada por años para el periodo 2003-2014 (Jaramillo Molina, y otros, 2015). Para evaluar las conglomeraciones de eventos mortales se seleccionó una muestra de temporalidades, en este caso se realizó con los valores de los años 2003 y 2010.

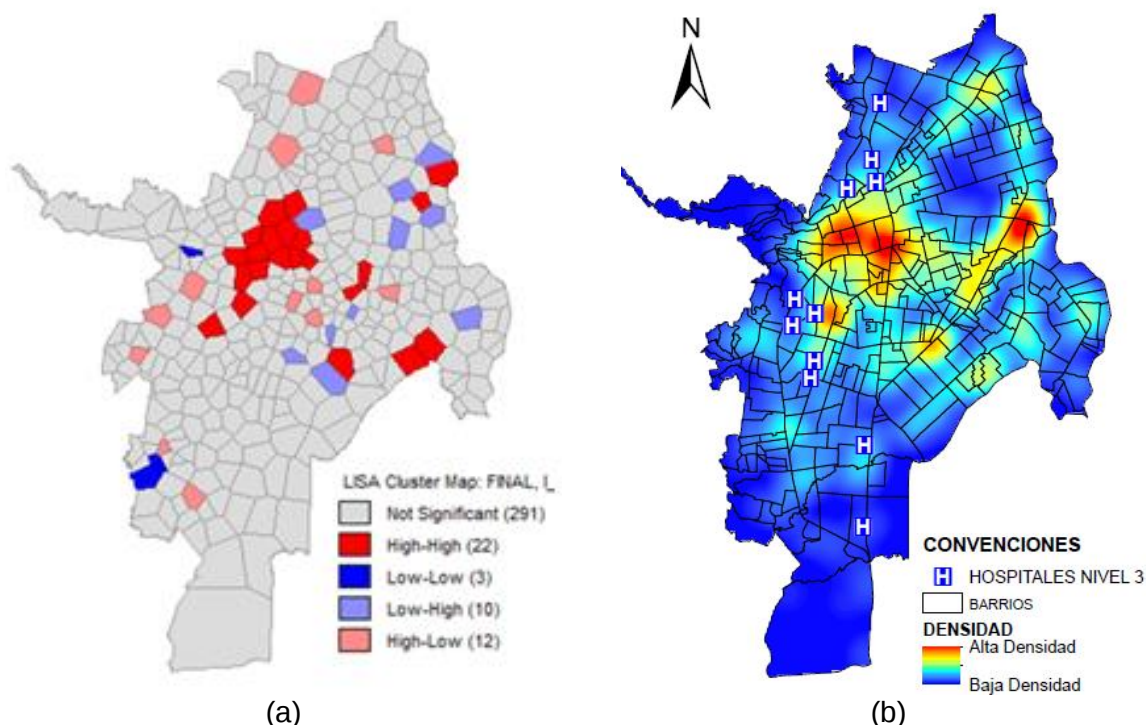


Figura 27. (a) Conglomeraciones de accidentes de tránsito mortales año 2010 (b) Conglomeraciones de accidentes de tránsito periodo 2011-2015.

En el comportamiento de los accidentes de tránsito mortales de (Jaramillo Molina, y otros, 2015) se puede observar un comportamiento bastante similar a las conglomeraciones de eventos de tránsito mortales geocodificados en este trabajo. En la parte central del perímetro urbano de la ciudad de Cali, las 3 imágenes presentan conglomeraciones de accidentes en este sitio, al igual que en la parte oriental de la ciudad. Las conglomeraciones de los accidentes trabajadas por (Jaramillo Molina, y otros, 2015) son mucho más pequeñas (ver Figura 27). Esto debido a que el periodo de tiempo de cada una de ellas es por año, en comparación con este trabajo donde se realizó el análisis para el periodo 2011-2015 por lo que las conglomeraciones de accidentes son más grandes. En conclusión, espacialmente los resultados son aceptables y la información esta espacializada de forma correcta.

Índice de accesibilidad de Shimbel

Este indicador usado para el cálculo de la accesibilidad por barrios a los centros de atención, se comparó con un estudio realizado anteriormente por el grupo de investigación GITTIV de la Universidad del Valle. Para esto se comparó con un estudio donde se realizó el cálculo de accesibilidad a centros de atención pero para instituciones públicas (Asprilla López, 2014). Se decide validar con este trabajo debido a que dentro de las instituciones públicas se encuentran la mayoría de los centros de atención tomados en este estudio.

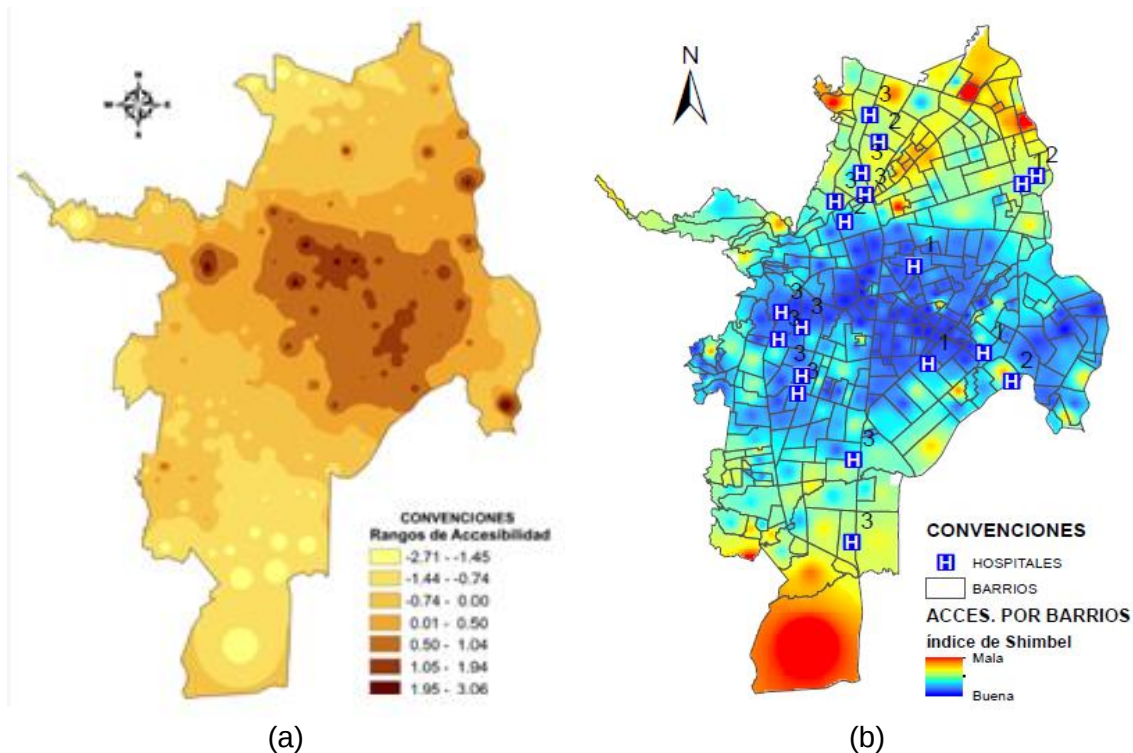


Figura 28. (a) Accesibilidad a los servicios de salud públicos por barrios en Cali (b) Accesibilidad a los centros de atención por barrios en Cali.

Se observan lugares comunes donde hay buena accesibilidad en los dos mapas lo que sugiere que los resultados obtenidos tienen un buen nivel de confianza. Se encuentran lugares como el Sur de la ciudad de Cali donde hay mala accesibilidad en los dos mapas. Esto también sugiere que los resultados son bastante similares. En general, el comportamiento de los dos resultados de accesibilidad es similar (ver Figura 28).

Se realizó un análisis de comparación entre los diferentes índices calculados en el proyecto. Para esto, se realizó la correlación por medio de (Wessa P. 2012) donde se usaron 2 diferentes métodos de correlación: Spearman y Pearson. Estos dos métodos comparan los valores de los índices en los cuales Pearson los agrupa por su ubicación y los compara. Por lo contrario Spearman los organiza de forma descendente y los compara. Se han establecido estos dos métodos para poder conocer la significancia que tienen los resultados entre ellos. Para el primer análisis se comparó el índice de Gravedad con el índice de accesibilidad de Shimbel para observar si hay una relación entre estos dos valores y así determinar si hay algún patrón que pueda explicar a los dos índices. Para este análisis de correlación se observó el R^2 para conocer el porcentaje de correlación. También se analizó el valor del P-value correspondiente a la significancia de los datos, cabe resaltar que para que haya una buena significancia tiene que tener un valor menor a 0.05. Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.

PEARSON (HANSEN VS SHIMBEL)	
R ²	-0.63
P-VALUE (2 SIED)	0.00150231
P-VALUE (1 SIED)	0.00075115
SPEARMAN (HANSEN VS SHIMBEL)	
R ²	-0.658
2-SIDED P-VALUE	0.000872

Tabla 3. Correlación del Índice de Hansen vs Índice Shimbel.

Según la tabla, las correlaciones por medio de los dos métodos son altas ya que para Pearson tiene una correlación negativa de un 63% y para Spearman 66%. El P-value en los dos métodos está por debajo de 0.05 lo cual tiene una buena significancia. Las gráficas de las correlaciones se muestran en la Figura 29. Las correlaciones tienden a ser negativas por medio de los dos métodos, pero cabe resaltar que se explican los índices. Esto sugiere que a pesar que Hansen es un índice que es usado de forma socio económica y en este caso se usó como una medida de análisis epidemiológico arrojó valores altos de correlación, lo que significa que este índice podría ser más usado en este ámbito.

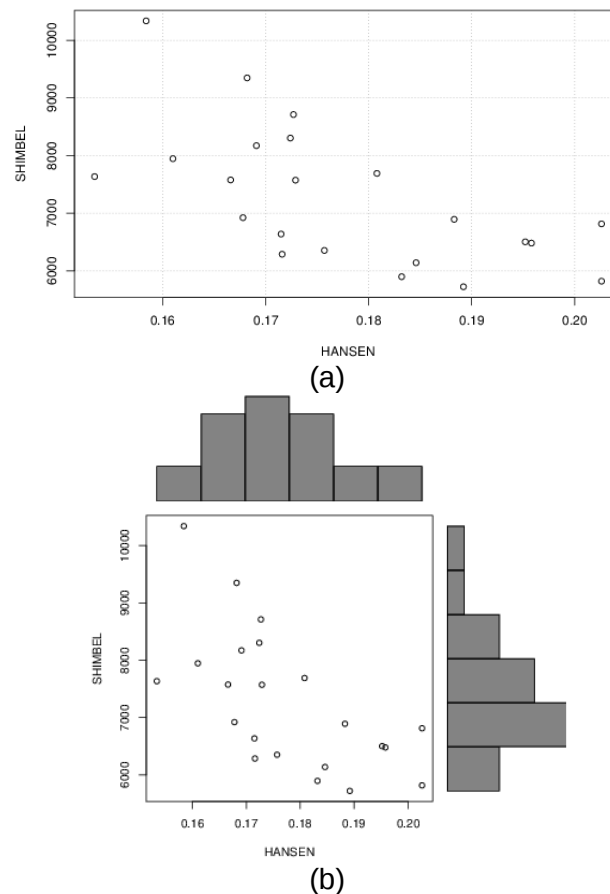


Figura 29. ScatterPlot Hansen vs Shimbel (a) Correlación de Spearman (b) Correlación de Pearson.

El mismo procedimiento se realizó para las isócronas arrojando valores de poca correlación ya que son comportamientos y análisis completamente diferentes. Las isócronas son una medida de análisis que es poco estudiada para los análisis de recorridos y como medida de accesibilidad, por lo que no se encontró información con la cual validar. De igual manera se compararon los valores de las isócronas con los valores de los índices anteriores para encontrar alguna relación en la información.

PEARSON (ISOCRONAS VS SHIMBEL)	
R ²	-0.089031
P-VALUE (2 SIED)	0.69358
P-VALUE (1 SIED)	0.34679
SPEARMAN (ISOCRONAS VS SHIMBEL)	
R ²	-0.024666
2-SIDED P-VALUE	0.9132365

Tabla 4. Correlación de Isócronas vs Índice Shimbél.

PEARSON (ISOCRONAS VS HANSEN)	
R ²	-0.227423
P-VALUE (2 SIED)	0.3087441
P-VALUE (1 SIED)	0.15437207
SPEARMAN (ISOCRONAS VS HANSEN)	
R ²	-0.247018
2-SIDED P-VALUE	0.2677454

Tabla 5. Correlación de Isócronas vs Índice Shimbél.

Para este análisis de isócronas se encontró una correlación significativa con el índice de Hansen pero no suficiente ya que tiene una correlación negativa de 22%, con este pequeño porcentaje se podría decir que se tiene un pequeño patrón. Se tiene una significancia muy baja ya que supera el valor de aceptación de 0.05.

Se grafican los comportamientos de los patrones en las diferentes comparaciones de índices y no se puede observar una tendencia que logre argumentar y sustentar el comportamiento de las isócronas (ver Figura 30). Sin embargo, las isócronas se realizaron por medio de datos de campo y un modelo establecido en el proyecto con un nivel de confianza del 95%.

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

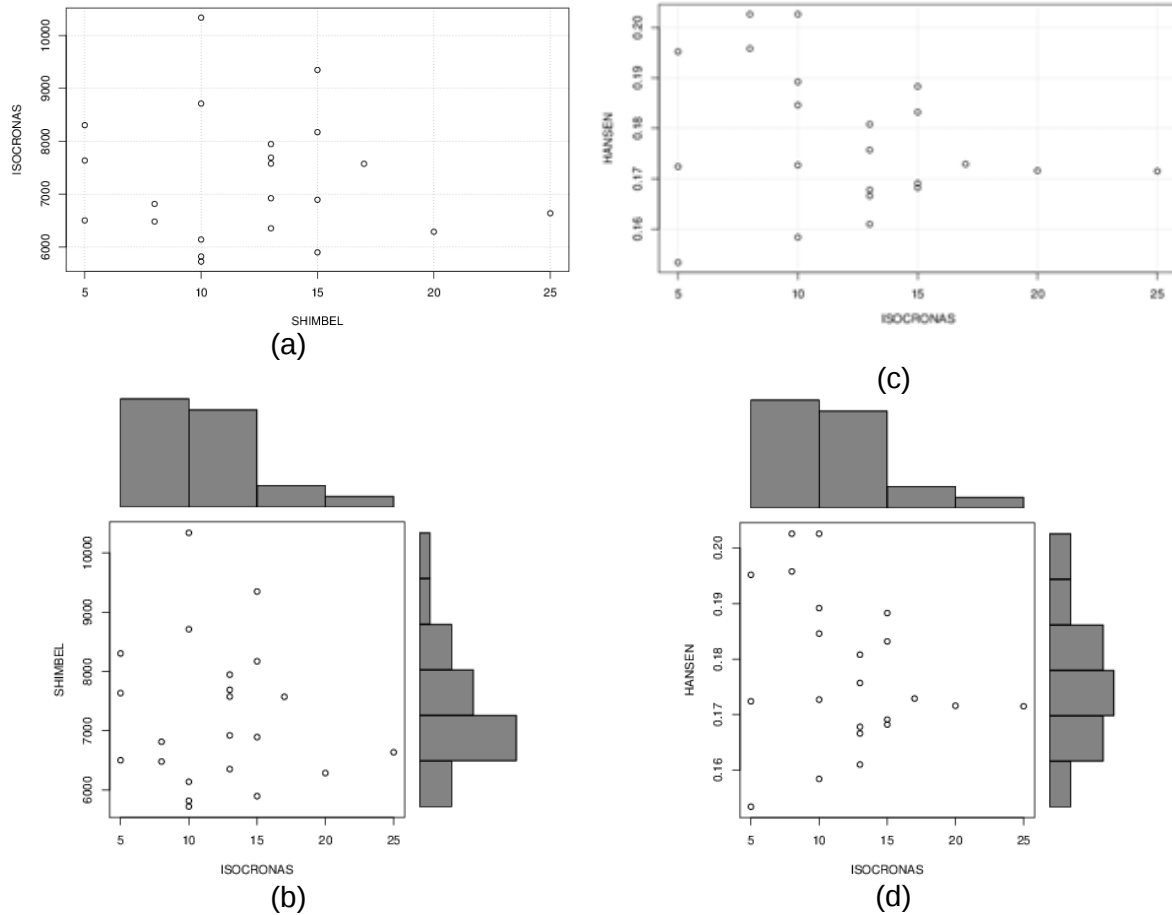


Figura 30. ScatterPlot (a) Correlación de Spearman Isócronas vs Shimbel (b) Correlación de Pearson Isócronas vs Shimbel (c) Correlación de Spearman Isócronas vs Hansen (d) Correlación de Pearson Isócronas vs Hansen.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se tienen limitaciones debido a la pérdida de información por parte de los encargados de la recolección de la misma, por esto se recomienda un control más estricto de la información de cada evento de tránsito como lo es la dirección, centro de atención que atendió y estado del paciente. Esta pérdida de información así como puede obedecer a simple descuido, puede tener otro tipo de implicaciones donde la calidad de la información se ve afectada por alguna razón.

Para estudios de tránsito es necesario una base de datos confiable y bien estructurada que permita realizar un buen proceso de geocodificación con el fin de que los datos perdidos en el proceso no superen el 20% del total. Para este trabajo se contó con un 80% del total de registros geocodificados, lo cual es una buena cantidad para explicar el comportamiento de los mismos. El procesamiento de los datos debe ser realizado con una precisión de al menos 80% de nivel de confianza, debido a que si es menor la ubicación de un registro puede llegar a variar desde un barrio a otro.

La generación de clústeres a partir de eventos de tránsito es una medida usada regularmente para establecer puntos o zonas con conglomeraciones de accidentes. Debido a que en estos lugares donde en un periodo de tiempo hay una gran cantidad de accidentes, es muy probable que sigan ocurriendo. El método de Kernel proporciona un alto nivel de confianza al permitir el establecimiento de un radio de búsqueda para obtener superficies continuas que describan el fenómeno. Otra medida que permite explicar el comportamiento de los eventos son las funciones F y G que aunque no explican el fenómeno de manera espacial, explican el comportamiento de los datos basados en gráficas y análisis estadísticos. Estos dos métodos estudian el fenómeno de diferente forma pero explican su comportamiento de manera similar.

Para la generación de rutas entre los centros de atención y los registros, es necesario que la malla vial de la ciudad cuente con los sentidos de las vías, nomenclaturas, longitudes y velocidades. Para este trabajo no se tuvo las velocidades de las vías terciarias por lo que se fue necesario realizar un modelo que explicara su comportamiento usando las velocidades de Google Maps. Esto se realizó mediante una comparación de los valores en campo y los valores de Google Maps en vías primarias y secundarias para ajustarlo a las vías terciarias. Es normal que en este tipo de análisis se obtengan muchos datos atípicos, pues hay datos tomados en campo y estos valores pueden cambiar según una serie de variables que influyen en la velocidad de los vehículos que transitan en la vía. La desviación estándar y el nivel de confianza esperando permite conocer el límite de diferencia entre estas velocidades para usar una cantidad de datos aceptables en la generación de un modelo que arroje velocidades de las vías terciarias con una buena correlación.

El índice de Shimbela es un método que explica cómo es la accesibilidad de todos los barrios hacia cada centro de atención, en este trabajo se usó para realizar un análisis introductorio hacia el acceso que tienen en general los barrios hacia los centros de

atención. Este, se basa en las distancias en ruta desde un barrio hasta todos los demás ubicando así los centros de atención sobre estos valores para establecer con qué facilidad los barrios acceden a cada uno de los centros de atención. En este trabajo el índice se calculó indiferente de los niveles de atención de cada centro de atención por lo que se pudo establecer que tienen una buena accesibilidad ya que la mayoría de centros de atención encontrados en la base de datos de CISALVA se encuentran en la zona central de la ciudad. Algunos de los centros de atención ubicados en los extremos de la ciudad están sobre vías principales lo que explica que la distancia recorrida hacia los demás barrios es baja debido a la facilidad para ingresar a este.

El índice de accesibilidad de Hansen es generalmente usado para analizar el comportamiento de variables socioeconómicas. Para el análisis exploratorio realizado en este trabajo tomando los eventos de accidentes de tránsito como las “oportunidades” y los centros de atención como las facilidades, se obtuvo un resultado que explica de forma coherente el área de servicio prestada por cada centro de atención de nivel III a partir de la distancia en ruta de los centros de atención hacia los eventos. Este índice no dice si existe una alta o baja accesibilidad a los centros de atención, sino que explica la accesibilidad desde las conglomeraciones de puntos a los centros de atención, es decir si el acceso a estos es bajo o alto desde las zonas críticas.

Se pueden explorar otros métodos de interpolación como Kriging con el fin de evaluar su correlación y de esta manera trabajar con el que tenga mejor correlación.

Debido a que pueden encontrarse vías muy largas con poca velocidad y vías muy cortas con alta velocidad, se debe realizar el cálculo de la impedancia para cada tramo de la malla vial para encontrar el tiempo de recorrido por tramo. Con los centros de atención como facilidades y la malla vial con sus respectivos tiempos de recorrido, es posible calcular las áreas de servicio en unidades de tiempo para cada centro de atención de nivel III correspondiente a las isócronas de la ciudad. En este estudio fue necesario tener velocidades de vías primarias, secundarias y terciarias. Esto debido a que solo con los valores de velocidades en vías primarias y secundarias no se determinaban áreas de servicio muy precisas para los traslados en el momento de la ocurrencia de un accidente de tránsito. La malla vial debe cubrir la totalidad del área urbana, dado que se tienen barrios sin cobertura vial para los cuales no se tendrá un área de servicio asignada al mismo. Contrario a esto, áreas actuales de expansión de la ciudad si cuentan con cobertura vial por lo cual las isócronas alcanzan algunos lugares fuera del perímetro urbano.

Se puede complementar este estudio teniendo en cuenta el tiempo recomendado de atención que es de 10 minutos. Comparando el tiempo de traslado al centro de atención donde debió ser atendido con el tiempo de traslado al centro de atención donde se dirigió realmente, usando PgAdmin. Conociendo el porcentaje de eventos que pasan los 10 minutos de atención.

BIBLIOGRAFIA

- Abellán, J., Martínez-Beneito, M., Zurriaga, O., Jorques, G., Ferrándiz, J., & López-Quílez, A. (2002). Procesos puntuales como herramienta para el análisis de posibles fuentes de contaminación. *Gac Sanit*, 16(5), 445-449.
- American College of Surgeons. (2008). Advanced Trauma Life Support ATLS Student Course Manual 8th ed. SAC.
- Asprilla López, J. (2014). NIVELES DE ACCESIBILIDAD Y COBERTURA DE LA RED DE SALUD PÚBLICA EN SANTIAGO DE CALI. Cali, Colombia : Universidad del Valle.
- Bosque Sendra, J., & García, R. (2000). El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 20, 49-67.
- Brainard, J. S., Lovett, A. A., & Bateman, I. J. (1997). Using isochrone surfaces in travelcost Models. *Journal of transport geography*, 5(2), 117-126.
- Briceño, C., Michael, C., Prado, G., Daniela, Y., Santa Guzmán, L. F., & Castillo Méndez, L. E. (2010). MODELO DE POISSON PARA LA OCURRENCIA Y MAGNITUD ESPACIO-TEMPORAL DE LOS SISMOS EN COLOMBIA. *UD Y LA GEOMÁTICA*, 4, 28-43.
- Chainey, S., & Ratcliffe, J. (2005). *GIS and Crime Mapping*. John Wiley and Sons, UK.
- Childs, C. (2004). Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst. En E. E. Services, *ArcUser* (págs. 32-35).
- Cobo Borrero, A. (1993). Atención Prehospitalaria en eventos traumáticos. *Tesis de Maestría*. Universidad del Valle.
- Contraloría de la República de Panamá. (2012). *Conceptos y Definiciones: Contraloría General de la República*. Obtenido de Contraloría General de la República: <https://www.contraloria.gob.pa/inec/archivos/P4361CONCEPTOS.pdf>
- Corporacion Fondo de Prevencion Vial. (2012). Informe de Gestion Fondo de Prevencion Vial.
- Corporacion Fondo de Prevencion Vial. (2013). Sistema de indicadores de atención prehospitalaria para accidentes de tránsito.
- de Fuenmayor Satorre, A. (Septiembre de 2016). Localización y enrutamiento de recursos turísticos y otros puntos de interés del municipio de Santa Eulària des Riu. Valencia, España: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- El Pais.com. (2014). Cali fue la segunda ciudad del país con más muertos en accidentes de tránsito en 2013.

- Fernández Santamaría, F. (2000). *Transporte público de viajeros y accesibilidad en la provincia de Albacete, Tesis Doctorales*. Universidad de Castilla La Mancha.
- Fotheringham, S., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2000). *Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Giraldo Henao, R. (2009). *Estadística Espacial - Notas de clase*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Guerrero Caha, J. S. (2015). PERTINENCIA GEO-ESPACIAL DE LOS TRASLADOS ASISTENCIALES DE VÍCTIMAS SEVERAS DE EVENTOS DE TRANSITO EN CALI, 2009-2012. *Tesis de Maestría*.
- Gutiérrez, J. (2001). Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border. *Journal of Transport Geography*, 9, 229-242.
- Handy, S., & Niemeier, D. (1997). Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning*(29), 1175-1194.
- Hansen, W. (1959). Accessibility and Residential Growth. *Massachusetts Institute of Technology, Department of City and Regional Planning*, 92.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2013). *Comportamiento de muertes y lesiones por accidente de transporte*.
- Jaramillo Molina, C., Vivas Pacheco, H., Fandiño Losada, C., Gutiérrez, M., Medina, J., Arango Londoño, D., & Rodríguez Mariaca, D. (2015). DINÁMICA DE LOS EVENTOS MORTALES DE TRÁNSITO Y SU RELACIÓN CON LAS ACTUACIONES DE LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL EN UN MARCO DE MOVILIDAD SUSTENTABLE EN LA CIUDAD DE CALI. Cali, Colombia: XII Seminario de Investigación Urbana y Regional: La Región como Escenario de la Reflexión Territorial.
- Johnston, R., Gregory, D., Pratt, G., & Watts, M. (2011). *The Dictionary of Human Geography*. Wiley- Blackwell.
- Mierez, A. (2004). ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD E INTERACCIÓN ESPACIAL A TRAVÉS DEL POTENCIAL DINÁMICO: SU APLICACIÓN A LOS PARTIDOS DE LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN. Universidad Nacional de Luján .
- Ministerio de Salud. (5 de Agosto de 1994). Resolución número 5261 de 1994.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (28 de Mayo de 2014). Resolución número 00002003 de 2014. Colombia.
- Ministerio de Transporte. (2011). *Mintransporte*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/Glosario>

- Morris, J., Dumble, P., & Wigan, M. (1979). Accessibility indicators for transportation planning. *Transportation Research*(13), 91-109.
- Naciones Unidas. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR).
- Paspur Unigarro, D. (2016). ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD DE CENTROS DE EDUCACIÓN SUPERIOR A LA LÍNEA BASE DEL CORREDOR VERDE PARA LA EVALUACIÓN DE LA EQUIDAD SOCIAL DE SANTIAGO DE CALI. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Pirie, G. (1979). Measuring accessibility: a review and proposal. *Environment and Planning*(11), 299-312.
- Quesada Rico, J. (2015). ANÁLISIS DE LA MORTALIDAD EVITABLE-PREVENIBLE MEDIANTE PROCESOS PUNTUALES ESPACIO-TEMPORALES EN LA CIUDAD DE ALICANTE EN EL PERIODO 2004-2011. *Universidad de Alicante-Tesis Doctoral*. Alicante, España.
- Secretaría de Tránsito de Cali. (2013). Estadística de Accidentalidad.
- Silverman, B. (1986). DENSITY ESTIMATION FOR STATISTICS AND DATA ANALYSIS. *Monographs on Statistics and Applied Probability*/Chapman & Hall.
- Soreide, E., & M. Grande, C. (2001). *Prehospital Trauma Care*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. (2001). *Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas: Manual Normativo* (Vol. 12). México: SEDESOL.
- Tessa, K. (2009). Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 359-364.
- Vandenbulckle, G., Steenberghen, T., & Thomas, I. (2009). Mapping accessibility in Belgium: a tool for land-use and transport planning. *Journal of Transport Geography*, 17, 39-53.
- Vieira, R., & Haddad, E. (2014). Índice de acessibilidade para São Paulo. *Economia Regional e Urbana*.
- Wessa P., (2015), Pearson Correlation (v1.0.10) in Free Statistics Software (v1.1.23-r7), Office for Research Development and Education, URL http://www.wessa.net/rwasp_correlation.wasp/
- Wessa P., (2012), Spearman Rank Correlation (v1.0.1) in Free Statistics Software (v1.1.23-r7), Office for Research Development and Education, URL http://www.wessa.net/rwasp_spearman.wasp/

ANEXOS

Anexo 1. Registros eliminados sin información de dirección.

ID TRANSITO	DIRECCIÓN	LUGAR DE LEVANTAMIENTO
3293		
3332		16
3464		4
3567		9
3573		18
3574		18
3575		18
3577		18
3578		18
3579		18
3580		18
3581		18
3586		18
3592		5
3601		18
3618		1
3699		8
3733		7
3744		15
3779		8
3803		15
3813	80752	7
3832		1
3839		1
3840		1
3862		15
3866		1
3921	SIN DATO	8
3988	NAVARRO	1
3993		7
4006	DG	7
4031	SD	15
4089		4
4115		15
4118	KM 3 CORREGIMIENTO	15
4140		1
4152		1
4158	SD	1
4169		15
4195		6

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

4201		15
4202		15
4203		8
4226		1
4230		6
4240		8
4243		1
4250		1
4257		18
4273		15
4278		1
4290		1
4293	SEGURO BELLAVISTA	15
4320	SIN INF	15
4323	SIN	15
4361	SD	15

Anexo 2. Número de accidentes trasladados a cada centro de atención.

LUGAR LEVANTAMIENTO	TOTAL ACCIDENTES
H. Universitario del Valle	101
H Carlos Holmes Trujillo	1
H. Primitivo Iglesias	4
H. San Juan De Dios	1
H. Mario Correa Rengifo	2
Fundación Valle De Lili	5
C. Nuestra Señora De Los Remedios	157
Lugar del Hecho	220
Centro de Salud	12
H. Joaquín Paz Borrero	5
Instituto del Seguro Social - Clínica Uribe Uribe	5
H. Carlos Carmona	2
Clínica de Occidente	11
Otro lugar	345
Clínica Santillana	6
Clínica Imbanaco	2
Sin dato	76
H. Isaías Duarte Cancino	1
Clínica Farallones	0
C. Sebastián de Belalcazar	0
Clínica SaludCoop	0
C. Rey David	0
C. Amiga	0
Total	956

Anexo 3. Eventos trasladados al centro de atención de nivel III adecuado.

ID TRANSITO	DIRECCIÓN	LUGAR DE LEVANTAMIENTO	CENTRO DE ATENCIÓN NIV III MÁS CERCANO
3267	CL 34 AN # 2N-90	7	7
3296	CL 34 # 4	7	7
3297	CL 25 # 10	7	7
3330	CL 5 CON KR 14	1	1
3343	CL 70 CON KR 11	7	7
3345	TR 29 # D28-C17	7	7
3370	KR 1 # 46 - 47	7	7
3402	KR 15 CON CL 7	1	1
3412	KR 25 CON CL 94	7	7
3442	CL 34 CON KR 2C	7	7
3444	DG 15 # 71A-134	7	7
3445	AV 2N # 13N-21	14	14
3449	KR 8 # 52-34	7	7
3451	CL 44 CON KR 1E	7	7
3482	CL 73 CON KR 8	7	7
3484	KR 8 # 76-36	7	7
3485	CL 25 KRS 6	7	7
3494	KR 7S BIS # 73-34	7	7
3730	KR 25 # 117	7	7
3752	CL 25 # 8-24	7	7
3821	KR 7 CON CL 73	7	7
3860	KR 23 # 33C-62	7	7
3877	CL 33A # 11-38	7	7
3901	KR 27 CON CL 52	7	7
3922	CL 70 CON KR 11	7	7
3932	CL 25 # 11B-18	7	7
3950	KR 23 # 98A	7	7
3967	CL 70 # 25	7	7
3994	CL 70 # 12 BIS	7	7
3997	CL 10 # 13-15	1	1
4018	KR 10 # 22A	7	7
4030	CL 23 # 17-54	7	7
4033	KR 27 # 54	7	7
4047	CL 10 # 37	1	1
4054	CL 23 # 17-55	7	7
4060	KR 23 # 61	7	7
4079	KR 23 # 40	1	1
4080	CL 73 # 26G9	7	7
4084	KR 15 # 32	7	7
4092	KR 10 # 22A	7	7
4106	CL 80 # 26E-23	7	7
4128	CL 5 # 23	1	1

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

4136	CL 22 # 17	7	7
4137	CL 5 # 16-50	1	1
4138	KR 15 # 51	7	7
4185	CL 17 # 84	6	6
4264	CL 70 CON KR 7A	7	7
4271	KR 5 CON CL 62	7	7

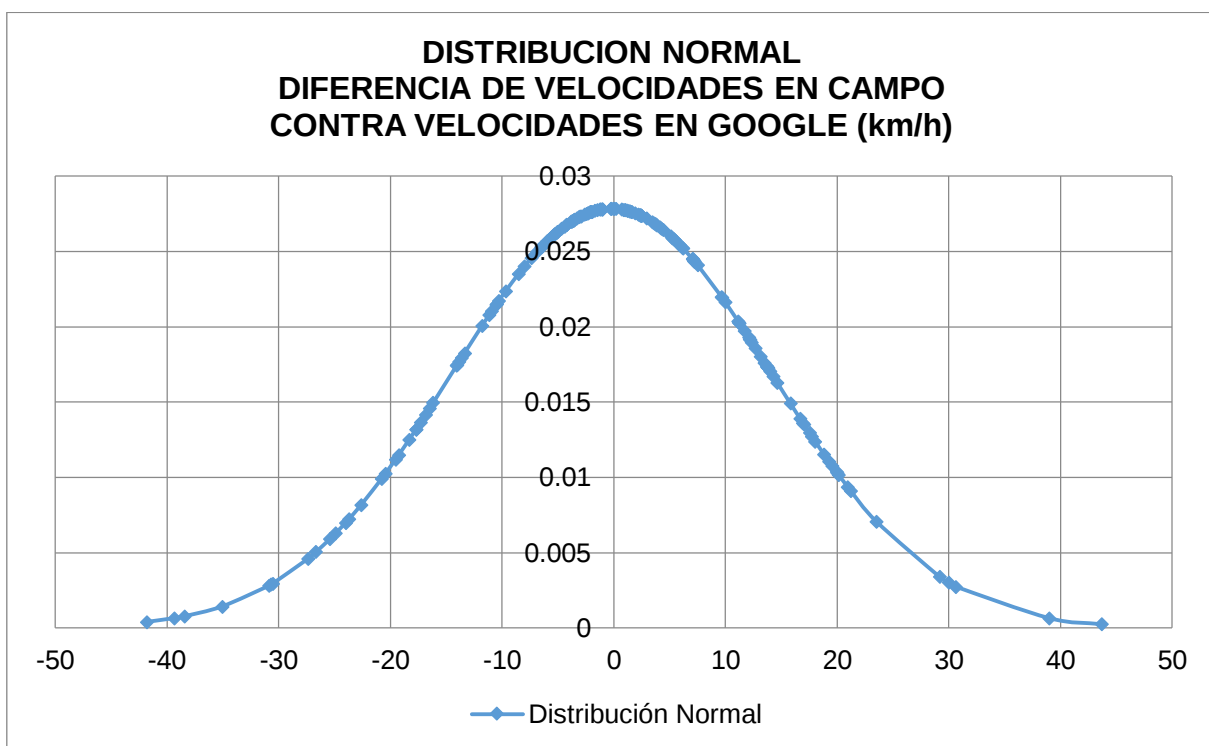
Anexo 4. Barrios involucrados en las zonas críticas.

ID BARRIO	BARRIO	COMUNA	ESTRATO MODA
421	Calima	4	3
503	Los Guayacanes	5	3
505	Chiminangos I	5	3
506	Metropolitano del Norte	5	3
595	Villa del Sol	5	3
599	Villa del Prado - El Guabito	5	3
601	San Luis	6	2
602	Jorge Eliécer Gaitán	6	2
603	Paso del Comercio	6	2
604	Los Alcázares	6	3
605	Petecuy I	6	2
606	Petecuy II	6	2
607	La Rivera I	6	2
608	Los Guaduales	6	3
609	Petecuy III	6	2
610	Ciudadela Floralia	6	2
695	Fonaviemcali	6	3
696	San Luis II	6	2
698	Sector Puente del Comercio	6	2
701	Alfonso López I	7	3
702	Alfonso López II	7	3
703	Alfonso López III	7	3
705	Puerto Mallarino	7	2
706	Urbanización El Ángel del Hogar	7	2
707	Siete de Agosto	7	3
708	Los Pinos	7	2
709	San Marino	7	2
710	Las Ceibas	7	3
798	Fepicol	7	3
814	Chapinero	8	3
816	El Trébol	8	3
817	La Base	8	3
818	Urbanización La Nueva Base	8	2

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

1202	Asturias	12	2
1206	Fenalco Kennedy	12	3
1207	Nueva Floresta	12	3
1208	Julio Rincón	12	2
1210	El Rodeo	12	2
1211	Sindical	12	3
1301	Ulpiano Lloreda	13	2
1302	El Vergel	13	1
1303	El Poblado I	13	2
1304	El Poblado II	13	2
1305	Los Comuneros II	13	2
1306	Ricardo Balcázar	13	2
1307	Omar Torrijos	13	2
1309	Lleras Restrepo	13	2
1310	Villa del Lago	13	3
1312	Rodrigo Lara Bonilla	13	2
1313	Charco Azul	13	1
1314	Villablanca	13	2
1390	Yira Castro	13	2
1393	Lleras Restrepo II	13	1
1394	Marroquín III	13	2
1395	Los Lagos	13	2
1397	Sector Laguna del Pondaje	13	1
1398	El Pondaje	13	2
1401	Alfonso Bonilla Aragón	14	1
1403	Manuela Beltrán	14	1
1405	José Manuel Marroquín II	14	2
1406	José Manuel Marroquín I	14	2
1495	Puerta del Sol	14	1
1498	Promociones Populares B	14	1
1501	El Retiro	15	1
1502	Los Comuneros I	15	2
1503	Laureano Gómez	15	1
1504	El Vallado	15	2
1598	Mojica	15	1
1604	Antonio Nariño	16	2
2106	Decepaz Invicali	21	1
2107	Compartir	21	2
2108	Ciudad Talanga	21	1
2197	Ciudadela del Río - CVC	21	2
2198	Valle Grande	21	2

Anexo 5. Campana de Gauss y dispersión de datos de velocidad.



Anexo 6. Diferencias de las velocidades en campo vs velocidades en Google Maps y Distribución normal.

NOMBRE	DESDE AB	HASTA BA	VELOCIDAD (CAMPO)	VEL GOOGLE MAPS (KM/H)	DIFERENCIA	DISTRIBUCIÓN NORMAL
CALLE 10	CARRERA 70	CALLE 5	58.05	16.2	-41.85	0.000406156
CALLE 5	CARRERA 66	CALLE 10	50.35	11	-39.35	0.000664541
CARRERA 1	CALLE 44	CALLE 52	45.71	7.285714286	-38.4242857	0.000791302
CARRERA 125	CALLE 18	CALLE 4	73.09	38	-35.09	0.001433508
CALLE 10	CARRERA 70	CALLE 5	47.06	16.2	-30.86	0.002817796
CALLE 25	CARRERA 39	CARRERA 29	40.13	9.428571429	-30.7014286	0.002885199
CARRERA 1	CALLE 2A	CALLE 5	66.55	36	-30.55	0.002950732
CALLE 13	CALLE 14	CARRERA 39	49.37	22	-27.37	0.0046084
AVENIDA 4 OE	CALLE 3 Oe	CARRERA 1	59.67	33	-26.67	0.005050051
CARRERA 15	CALLE 34	CALLE 33A	42.81	17.4	-25.41	0.005918662
CALLE 48	CARRERA 46	CARRERA 39	47.39	22.5	-24.89	0.006305072
CALLE 23	CALLE 16	CARRERA 10	34.53	10.5	-24.03	0.00698006
CALLE 13	CARRERA 83	CARRERA 80	50.72	27	-23.72	0.007234301
CALLE 5	CALLE 10	CARRERA 80	29.81	7.2	-22.61	0.008191474

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

CALLE 10	CARRERA 66	CARRERA 70	47.77	27	-20.77	0.00993281
CARRERA 8	CALLE 44	CALLE 70	44.45	24	-20.45	0.010254127
CALLE 5	CARRERA 56	CALLE 6	35.22	15.69230769	-19.5276923	0.011208225
CALLE 23	CARRERA 50	CARRERA 56	43.27	24	-19.27	0.011481811
TRANSVERSAL 25	CARRERA 23	CALLE 25	39.34	21	-18.34	0.012492224
CALLE 73	CARRERA 28D	CARRERA 27	38.71	21	-17.71	0.013195103
CARRERA 15	CALLE 33A	CALLE 21	39.71	22	-17.71	0.013195103
CALLE 23	CARRERA 29	CARRERA 39	28.29	11	-17.29	0.013670822
CALLE 16	CARRERA 50	CARRERA 56	43.86	27	-16.86	0.014163017
CARRERA 50	CALLE 54	CALLE 48	43.5	27	-16.5	0.014578579
CALLE 25	CARRERA 125	CARRERA 127	37.18	21	-16.18	0.014950261
CARRERA 1D	CALLE 44	CALLE 52	36.56	22.5	-14.06	0.017442459
CALLE 34	CARRERA 15	CARRERA 8	27.22	13.2	-14.02	0.017489589
CALLE 70	CARRERA 27	CARRERA 23	45.84	32	-13.84	0.01770155
CALLE 13	CARRERA 80	CARRERA 83	27.14	13.5	-13.64	0.017936753
CALLE 73	CARRERA 27	CARRERA 15	49.37	36	-13.37	0.018253594
CALLE 27	CARRERA 39	CARRERA 46	23.8	12	-11.8	0.020068246
CARRERA 66	CALLE 1	CALLE 5	22.17	11	-11.17	0.020775861
CALLE 1	CARRERA 4	CARRERA 39	43.34	32.4	-10.94	0.021030226
CARRERA 127	CALLE 18	CALLE 9	34.52	24	-10.52	0.021488477
CARRERA 127	CALLE 18	CALLE 9	34.48	24	-10.48	0.021531671
CALLE 18	CARRERA 125	CARRERA 127	28.31	18	-10.31	0.021714329
CARRERA 50	CALLE 36	CALLE 48	39.69	30	-9.69	0.022367003
CALLE 13	CARRERA 86	CARRERA 100	23.54	15	-8.54	0.02351304
CALLE 13	CARRERA 56	CARRERA 66	32	24	-8	0.024017772
CARRERA 29	CALLE 44	CALLE 27	26.88	19.5	-7.38	0.024567548
CARRERA 15	CARRERA 23	CALLE 44	22.46	15.6	-6.86	0.025002188
CARRERA 56	CALLE 9	CALLE 10	15.2	8.7	-6.5	0.025288053
CALLE 25	CARRERA 122	CARRERA 100	52.49	46	-6.49	0.025295812
CALLE 73	CARRERA 28D	CARRERA 27	25.45	19.5	-5.95	0.025699743
CALLE 73	CARRERA 1D	CARRERA 5	35.63	30	-5.63	0.02592475

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

CALLE 15	CARRERA 15	DIAGONAL 23	25.52	20	-5.52	0.025999553
TRANSVERSAL 103	CARRERA 27	CALLE 73	31.9	26.57142857	-5.32857143	0.026126568
CARRERA 28D	CALLE 96	CALLE 73	26.32	21	-5.32	0.026132161
CALLE 73	CARRERA 5	CARRERA 1D	35.09	30	-5.09	0.026279161
CALLE 48	CARRERA 39	CARRERA 46	27.57	22.5	-5.07	0.026291662
CALLE 13	CARRERA 39	CALLE 14	20.06	15	-5.06	0.026297896
CARRERA 100	CARRERA 80	CALLE 13	27.48	22.8	-4.68	0.026526286
CALLE 5	CARRERA 50	CARRERA 44	31.42	27	-4.42	0.026672874
AVENIDA 4	CALLE 30 N	CALLE 34 N	22.25	18	-4.25	0.026764388
AVENIDA 3	CALLE 30 N	CALLE 34 N	22.25	18	-4.25	0.026764388
CALLE 70	CARRERA 5	CARRERA 1D	34.23	30	-4.23	0.026774927
CARRERA 66	CALLE 5	CALLE 1	25.81	22	-3.81	0.026985049
CALLE 36	CARRERA 39	CARRERA 46	26.29	22.5	-3.79	0.026994517
CALLE 54	CARRERA 39	CARRERA 46	21.77	18	-3.77	0.027003935
CARRERA 100	CALLE 16	CALLE 25	24.68	21	-3.68	0.027045706
CALLE 13	CARRERA 70	CARRERA 80	42.67	39	-3.67	0.027050286
VIA PUERTO TEJADA	CALLE 25	RIO JAMUNDI	63.61	60	-3.61	0.0270775
CALLE 14	CARRERA 39	CALLE 13	17.97	14.4	-3.57	0.027095394
CALLE 25	CARRERA 66	CARRERA 56	33.55	30	-3.55	0.027104267
CARRERA 56	CALLE 1	CALLE 17 Oe	36.34	33	-3.34	0.027194399
CALLE 5	CARRERA 66	CARRERA 56	27.12	24	-3.12	0.027282852
CARRERA 122	CALLE 5A	CALLE 18	20.04	17	-3.04	0.027313491
CALLE 14	CALLE 13	CARRERA 39	16.14	13.2	-2.94	0.027350637
CALLE 25	CARRERA 80	CARRERA 70	29.61	27	-2.61	0.027464077
CALLE 25	CARRERA 85C	CARRERA 83	35.43	33	-2.43	0.027519993
CARRERA 29	CALLE 48	CALLE 36	20.33	18	-2.33	0.027549226
CALLE 25	CARRERA 70	CARRERA 80	29.31	27	-2.31	0.027554915
CALLE 42	CARRERA 102	CARRERA 86	26.1	24	-2.1	0.027611471
CALLE 48	CARRERA 86	CARRERA 102	26.09	24	-2.09	0.027614019
CALLE 5	CALLE 6	CARRERA 39	19.06	17	-2.06	0.027621584
CALLE 15	DIAGONAL 23	CARRERA 15	22.05	20	-2.05	0.027624079

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el
punto del evento y el centro asistencial

CALLE 5	CARRERA 80	CALLE 10	37.93	36	-1.93	0.027652985
CALLE 5	CARRERA 44	CARRERA 50	28.71	27	-1.71	0.027701008
CARRERA 100	CALLE 13	CARRERA 80	15.71	14.25	-1.46	0.027747731
CALLE 5	CARRERA 39	CALLE 6	22.24	21	-1.24	0.02778191
CARRERA 1D	CALLE 70	CALLE 52	23.69	22.5	-1.19	0.02778877
CALLE 36	CARRERA 46	CARRERA 39	31.1	30	-1.1	0.027800267
CARRERA 15	CALLE 21	CALLE 33A	23.02	22	-1.02	0.027809569
CARRERA 39	CALLE 48	CALLE 36	19	18	-1	0.027811759
CALLE 54	CARRERA 46	CARRERA 39	16.27	16	-0.27	0.027854627
CALLE 18	CARRERA 125	CARRERA 122	15.21	15	-0.21	0.027854935
CARRERA 8	CALLE 70	CALLE 44	24.2	24	-0.2	0.027854939
CARRERA 100	CALLE 16	CALLE 13	17.01	17	-0.01	0.02785243
CALLE 18	CARRERA 122	CARRERA 125	15.01	15	-0.01	0.02785243
AVENIDA 3	CALLE 34 N	CALLE 30 N	17.8	18	0.2	0.027843956
CALLE 54	CARRERA 46	CARRERA 50	44.3	45	0.7	0.027799724
CALLE 5	CARRERA 10	CARRERA 5	16.53	17.4	0.87	0.027776988
CALLE 73	CARRERA 1	CARRERA 1D	31.02	32	0.98	0.027760202
CARRERA 50	CALLE 48	CALLE 36	28.95	30	1.05	0.027748674
CARRERA 15	CALLE 33A	CALLE 34	16.77	18	1.23	0.02771601
AVENIDA 6	CALLE 21 N	CALLE 37 N	19.76	21	1.24	0.027714068
CARRERA 28D	CALLE 73	CALLE 70	21.1	22.5	1.4	0.027681181
CARRERA 28D	CALLE 70	CALLE 73	18.98	20.4	1.42	0.02767683
CARRERA 46	CALLE 48	CALLE 36	11.66	13.2	1.54	0.027649606
CALLE 70	CARRERA 1D	CARRERA 1	28.36	30	1.64	0.027625458
CALLE 25	CARRERA 125	CARRERA 122	14.58	16.5	1.92	0.02755081
CARRERA 56	CALLE 1	CALLE 17 Oe	30.83	33	2.17	0.027475455
CARRERA 1	AVENIDA 4 Oe	CALLE 3 Oe	26.04	28.36363636	2.32363636	0.027425103
CALLE 70	CARRERA 8	CARRERA 5	23.16	25.5	2.34	0.027419559
CALLE 13	CARRERA 66	CARRERA 56	21.61	24	2.39	0.027402406
CALLE 13	CARRERA 105	CARRERA 100	6.56	9	2.44	0.02738493
CALLE 70	CARRERA 1	CARRERA 1D	39.51	42	2.49	0.027367132
AVENIDA 2A	CALLE 70 N	CALLE 52 N	30.5	33	2.5	0.027363533

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

CALLE 36	CALLE 25	CARRERA 50	21.05	24	2.95	0.027188375
CALLE 25	CARRERA 56	CARRERA 66	23.53	27	3.47	0.026954205
CALLE 5	CARRERA 56	CARRERA 66	32.36	36	3.64	0.026870403
CALLE 25	CARRERA 100	CARRERA 86	38.25	42	3.75	0.026814305
CALLE 10	CARRERA 70	CARRERA 66	23.2	27	3.8	0.026788322
CALLE 13	CARRERA 100	CARRERA 105	10.14	14	3.86	0.026756745
CALLE 14	CARRERA 56	CARRERA 50	19.84	24	4.16	0.026592416
CARRERA 125	CALLE 4	CALLE 18	24.26	28.5	4.24	0.026546798
CALLE 13	DIAGONAL 23	CARRERA 15	12.1	16.5	4.4	0.026453322
CALLE 25	CARRERA 44	CARRERA 39	18.9	24	5.1	0.026010021
CALLE 18	CARRERA 122	CARRERA 100	15	20.25	5.25	0.025907946
CALLE 121	CARRERA 27	CALLE 73	28.96	34.28571429	5.32571429	0.025855497
CARRERA 122	CALLE 18	CALLE 5A	20.04	25.5	5.46	0.025760966
CARRERA 66	CALLE 9	CALLE 5	5.22	10.8	5.58	0.025674873
CALLE 42	CARRERA 86	CARRERA 102	26.09	32	5.91	0.025430392
CALLE 6	CARRERA 34	CARRERA 23	13.87	20	6.13	0.025261248
CALLE 16	CARRERA 100	CARRERA 86	9.38	15.6	6.22	0.025190664
CALLE 70	CARRERA 1D	CARRERA 5	25.97	33	7.03	0.024520606
CALLE 13	CARRERA 100	CARRERA 86	22.94	30	7.06	0.02449463
CARRERA 29	CALLE 27	CALLE 44	18.84	26	7.16	0.024407467
CALLE 9	CARRERA 39	CARRERA 15	18.04	25.2	7.16	0.024407467
CALLE 27	CARRERA 46	CARRERA 39	7.81	15	7.19	0.024381147
AVENIDA 2A	CALLE 52 N	CALLE 70 N	25.76	33	7.24	0.024337106
CALLE 73	CARRERA 5	CARRERA 8	20.98	28.5	7.52	0.024086517
CARRERA 15	CALLE 44	CARRERA 23	12.85	22.5	9.65	0.021985999
CALLE 5	CARRERA 39	CARRERA 44	20.29	30	9.71	0.021922538
CALLE 13	CARRERA 70	CARRERA 66	17.02	27	9.98	0.021634522
CALLE 13	CARRERA 66	CARRERA 70	15.87	27	11.13	0.02036833
CALLE 54	CARRERA 50	CARRERA 46	33.79	45	11.21	0.020278191
CALLE 73	CARRERA 23	CARRERA 27	24.75	36	11.25	0.020233035

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

CALLE 13	CARRERA 80	CARRERA 70	27.31	39	11.69	0.01973274
CALLE 73	CARRERA 8	CARRERA 5	16.42	28.5	12.08	0.019284426
CALLE 1	CARRERA 39	CARRERA 4	20.22	32.4	12.18	0.019168834
CARRERA 8	CALLE 44	CALLE 34	10.29	22.5	12.21	0.01913411
CARRERA 1	CALLE 70	CALLE 52	17.65	30	12.35	0.018971793
CALLE 73	CARRERA 1D	CARRERA 1	17.31	30	12.69	0.018575913
CALLE 9	CARRERA 66	CARRERA 56	16.85	30	13.15	0.01803724
CALLE 25	CARRERA 86	CARRERA 100	6	19.5	13.5	0.017625684
CARRERA 39	CALLE 36	CALLE 48	22.29	36	13.71	0.017378289
CARRERA 5	CALLE 70	CALLE 52	20.27	34	13.73	0.017354715
CALLE 16	CARRERA 56	CARRERA 50	13.24	27	13.76	0.017319351
CARRERA 1	CALLE 52	CALLE 70	18.24	32	13.76	0.017319351
CALLE 5	CARRERA 44	CARRERA 39	16.2	30	13.8	0.017272192
CALLE 70	CARRERA 23	CARRERA 27	31.02	45	13.98	0.017059916
CARRERA 5	CALLE 52	CALLE 70	19.74	34	14.26	0.016729629
CARRERA 1	CALLE 5	CALLE 15 N	15.35	30	14.65	0.01626985
CARRERA 1D	CALLE 52	CALLE 70	12.19	28	15.81	0.014910155
CALLE 10	CALLE 13	CARRERA 39	31.34	48	16.66	0.01392839
CALLE 18	CARRERA 127	CARRERA 125	16.06	33	16.94	0.013608855
CALLE 18	CARRERA 100	CARRERA 122	10	27	17	0.013540669
CALLE 1	CARRERA 66	CARRERA 56	18.48	36	17.52	0.012954328
TRANSVERSAL 29	CARRERA 27	CARRERA 23	15.27	33	17.73	0.012720043
TRANSVERSAL 103	CALLE 73	CARRERA 127	14.38	32.4	18.02	0.012399073
CALLE 121	CALLE 73	CARRERA 127	14.5	33.33333333	18.83333333	0.01151622
CALLE 1	CARRERA 56	CARRERA 66	16.75	36	19.25	0.011074736
CALLE 70	CARRERA 5	CARRERA 8	14.45	34	19.55	0.010761744
CALLE 25	CARRERA 122	CARRERA 125	13.06	33	19.94	0.010361242
CALLE 25	CARRERA 100	CARRERA 122	24	44	20	0.010300285
CARRERA 1	CALLE 5	CALLE 21	18.88	39	20.12	0.01017891
CARRERA 23	CALLE 34	TRANSVERSAL 29	21.07	42	20.93	0.009378965
CARRERA 122	CALLE 18	CALLE 25	20.79	42	21.21	0.009110542
CALLE 16	CARRERA 86	CARRERA 100	15.47	39	23.53	0.007057809

Determinación de zonas críticas a la atención de víctimas severas de accidentes de tránsito entre el punto del evento y el centro asistencial

CALLE 70	CARRERA 23	CARRERA 8	30.83	60	29.17	0.003400985
CALLE 25	CARRERA 83	CARRERA 85C	6	36	30	0.003014807
CALLE 70 N	AVENIDA 3	AVENIDA 4	20.38	51	30.62	0.002749202
CALLE 10	CARRERA 39	CALLE 13	6.01	45	38.99	0.000658924
CALLE 70	CARRERA 8	CARRERA 23	16.33	60	43.67	0.000255451