



CONASET
Ministerio de
Transportes y
Telecomunicaciones

Gobierno de Chile

COMISIÓN NACIONAL DE
SEGURIDAD DE TRÁNSITO
Área de Estudios y Estadísticas

**ANÁLISIS ESPACIAL DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO CON
PARTICIPACIÓN DE BUSES EN CORREDORES DE
TRANSPORTE PÚBLICO.**
DIAGNÓSTICO 2011



RESUMEN

En este informe se analiza la siniestralidad en el tránsito de buses y taxi/buses de locomoción colectiva en el Gran Santiago con foco en la participación de estos vehículos en los accidentes registrados en corredores de transporte público, acentuando especialmente la situación de los atropellos en estos tramos. Utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para la representación y análisis, se identifican las localizaciones críticas de accidentes de atropello con participación de buses en corredores. Se advierte la cercanía de estos accidentes a paraderos de transporte público.

INTRODUCCIÓN

Un Corredor de Transporte Público es una vía rápida segregada exclusivamente para buses de transporte público, de Transantiago en el caso del Gran Santiago, que pretende disminuir los tiempos de viaje de los usuarios. Esta medida ha sido utilizada ampliamente en distintas ciudades del mundo, en Santiago a diciembre del 2010 ya se encontraban habilitados 93,8 km. de vías con este estándar. Los beneficios de su implementación suponen mejoras en calidad para los usuarios que utilizan el sistema por el aumento de velocidad en los viajes, regularidad y seguridad, mayor capacidad vial, reducción del déficit, al requerir menos flotas dado el aumento de la velocidad y aseguraría el espacio vial y las condiciones operativas en el largo plazo para el transporte público ante el constante aumento del parque automotriz (Transantiago, 2011). Pero como toda vía rápida aún con condiciones de seguridad consideradas, los corredores no se encuentran exentos de la ocurrencia de siniestros de tránsito.

En el presente documento se analiza la problemática de los accidentes de tránsito en los Corredores operativos de Transporte Público Transantiago utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como herramienta para la representación y análisis del comportamiento espacial de los accidentes y sus características en el corredor. Este documento ha sido diseñado por CONASET, para entregar más herramientas técnicas de análisis, y dar una visión más completa del fenómeno que apoyará la toma de decisiones y la gestión de su prevención y control por parte de las autoridades.

ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde al Gran Santiago, que con una población estimada al 2011 de 6.108.552 habitantes¹, cuenta con 14 corredores de buses operativos que suman 98,8 km. de vía rápida segregada, que pasan por 17 de las 34 comunas del área (ver tabla 1).

Según la base de datos proporcionada por Carabineros de Chile, en el área se registran un total de 2.860 accidentes de tránsito con participación de buses durante el 2011 con un saldo de 68 víctimas fatales y de 2.010 lesionados de diversa consideración (265 graves, 159 menos graves y 1.586 leves). Sólo 5 de las víctimas fatales eran usuarias del servicio de transporte público, **se transportaban al interior del bus** al momento del accidente, al igual que 1.081 de los lesionados, lo que corresponde al **53,7%**. El 77,6% de los accidentes, ocurrió en intersecciones de calles.

¹ "Estimaciones de población por Regiones, Provincias y Comunas, según sexo y edades (1990-2020)" – Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Se utilizaron las cifras proyectadas para el año 2011.

Tabla 1. Corredores operativos Transantiago

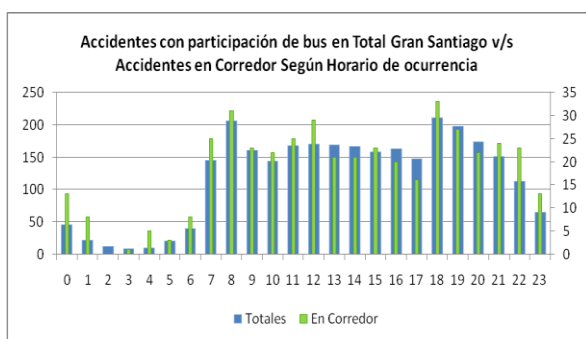
Corredor	Km Total	Comuna
Pedro Aguirre Cerda	14,7	Maipú - Cerrillos - Santiago
Las Industrias	13,3	San Joaquín - La Granja
Santa Rosa Norte	11,1	San Miguel - San Joaquín - La Granja
Grecia	9,9	Peñalolén - Ñuñoa
Vicuña Mackenna Sur	9,5	La Florida - Puente Alto
Santa Rosa Sur	8,6	San Ramón - La Granja - La Pintana
Pajaritos Norte	8	Pudahuel - Maipú
Pajaritos Sur	3,6	Maipú
Departamental Poniente	3,5	Cerrillos - Pedro Aguirre Cerda
Suiza - Las Rejas	2,9	Cerrillos - Estación Central
Dorsal (Anillo Intermedio)	2,7	Conchalí
Anillo Intermedio Norte	2,6	Renca
Blanco Encalada - Arica	1,7	Estación Central - Santiago
Vicuña Mackenna Norte	1,7	Providencia - Santiago

Fuente: Transantiago

Elaboración: Propia

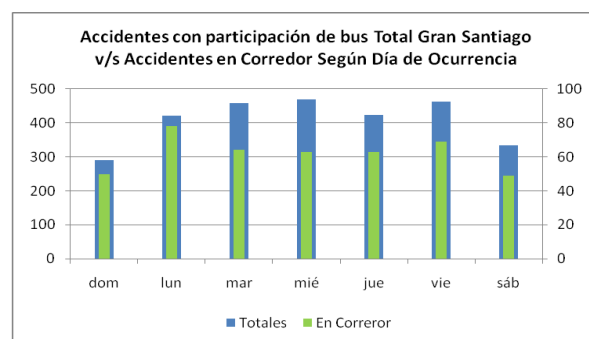
El 16,1% (462) de los accidentes con participación de buses del Gran Santiago en 2011 ocurrieron en los corredores de transporte público, así como el 32,3% (22) de los fallecidos y el 23,1% (464) de los lesionados en estos accidentes.

La mayoría de los accidentes con participación de buses ocurrieron entre las 8 y 21 hrs. con pick a las 8 y a las 18 hrs., horario en que los usuarios se transportan hacia el trabajo y luego de vuelta a sus hogares (ver gráfico n°1). La mayoría ocurren en días laborales de lunes a viernes de forma relativamente homogénea (ver gráfico n°2). Lo mismo se observa en el caso de los accidentes en corredor.

Gráfico n°1


Fuente: Carabineros de Chile

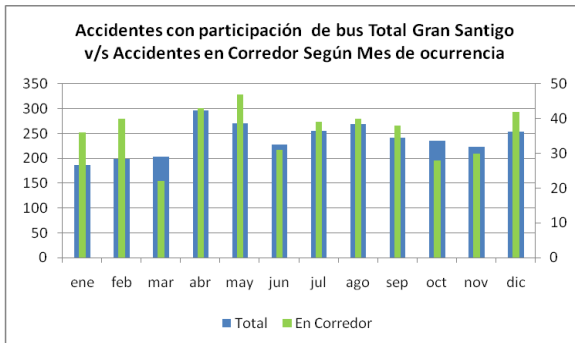
Elaboración: Propia

Gráfico n°2


Fuente: Carabineros de Chile

Elaboración: Propia

Gráfico n°3

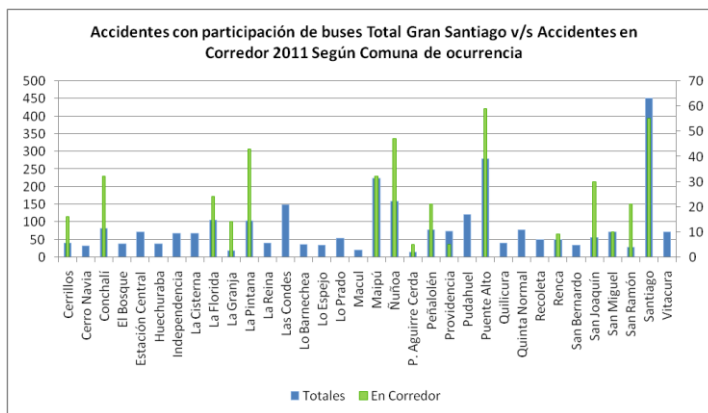


A lo largo del año, el mes que registra la mayor cantidad de estos accidentes es abril, mientras que en el caso de los accidentes en corredor es en mayo. En ambos casos el mes con menor registro es marzo (ver gráfico n°3).

Fuente: Carabineros de Chile

Elaboración: Propia

Gráfico n°4



Las comunas de Santiago, Puente Alto, Maipú, Ñuñoa y Las Condes fueron las que más accidentes con participación de buses registraron en el 2011 (gráfico n°3). Mientras que entre las comunas con corredor, Puente Alto, Santiago y Ñuñoa se repiten en el mismo orden con la mayor cantidad de accidentes en ellos, seguidos por las comunas de La Pintana, Conchalí, Maipú y San Joaquín.

Fuente: Carabineros de Chile

Elaboración: Propia

METODOLOGÍA

Se trabajó con los registros de accidentes de tránsito con participación de buses/taxi bus de locomoción colectiva del Gran Santiago en el año 2011. Se consideró este año ya que se trabajará con los corredores de Transporte público publicados por Transantiago como en operación al 31 de diciembre de 2010.

Los accidentes en el registro fueron localizados en el SIG ArcGis a través de un proceso de geocodificación a partir de los datos de ubicación (dirección: intersección de calles y/o tramo de vía frente a numeración) de la base otorgada por Carabineros de Chile. Del total de 2.860 accidentes de tránsito con participación de buses que se registra en la base ocurridos el año 2011 en el Gran Santiago, se localizó en la red gráfica vial el 89,7% (2.566).

En el análisis se identifican los patrones espaciales de la distribución de estos eventos en toda el área de estudio, así como también las localizaciones críticas estadísticamente significativas. Por otra parte se intenta corresponder estos eventos con los corredores de transporte público existentes actualmente, a modo de determinar los corredores con mayor accidentabilidad y las características de estos, con distinción en el caso de los atropellos para los cuales en base a la metodología propuesta Somenahalli & Truong, 2011, se calcula el índice de severidad en cada localización donde ocurrieron estos accidentes, y se identifican las localizaciones críticas.

RESULTADO ANÁLISIS GEOESPACIAL

Para analizar el patrón espacial de la distribución de estos accidentes, se utilizó el Índice **I de Moran** que mide la autocorrelación espacial, es decir la relación entre los valores de una variable -en este caso accidentes- atribuible a la forma en la que los puntos de muestreo de esta variable están ordenados o dispuestos en un espacio. El cálculo indica que en este caso la autocorrelación espacial es positiva, los valores similares tienden a agruparse en el espacio, habiendo dependencia espacial entre ellos. La distribución espacial de los valores altos y los valores bajos está más agrupada espacialmente de lo que se esperaría si los procesos espaciales subyacentes fueran aleatorios (Esri, 2012). Por tanto el patrón espacial es agrupado o concentrado.

Para visualizar concentraciones de accidentes con participación de bus/taxi bus y encontrar dónde se encuentran las mayores densidades en el área de estudio, se creó un mapa de densidad de Kernel (figura 1). Este método de representación gráfica facilita el análisis visual, ya que aun poca cantidad de puntos superpuestos en un espacio puede ser confusa de interpretar.

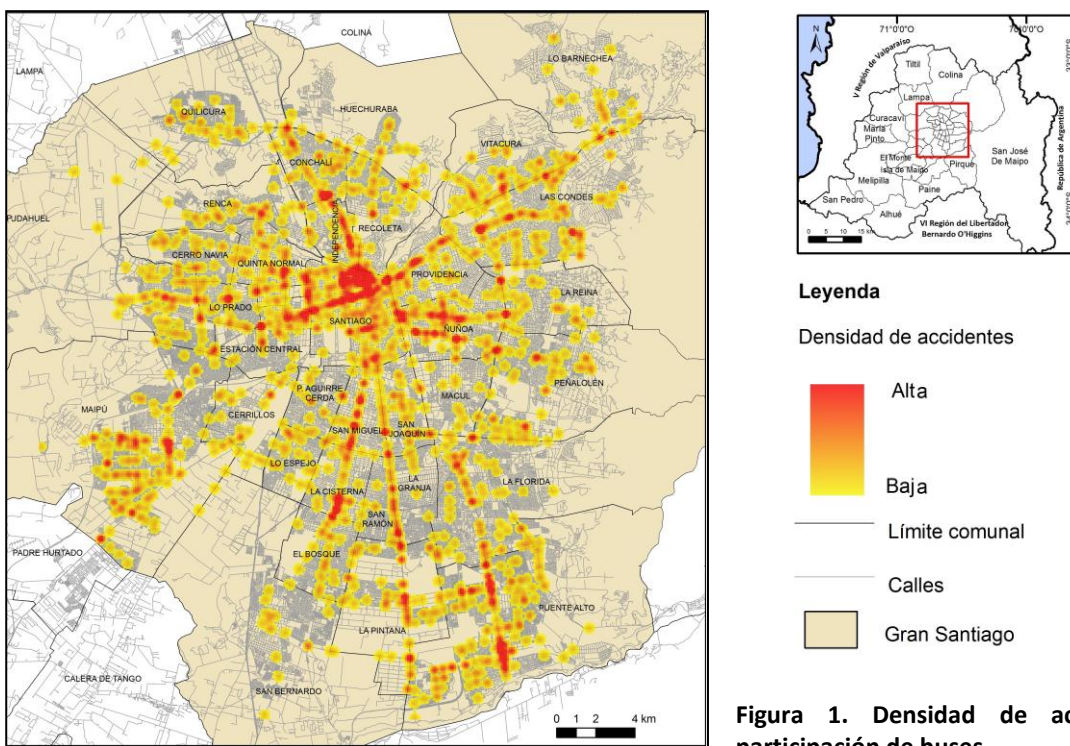


Figura 1. Densidad de accidentes con participación de buses

En la figura se observa que las mayores cantidades de estos accidentes se dieron a lo largo de avenidas principales: En Av. Independencia en la comuna del mismo nombre, Av. Libertador Bernardo O'Higgins en Santiago y su continuación en Av. Providencia en la comuna de Providencia y Av. Apoquindo en Las Condes, Irrarrázaval y Grecia en Ñuñoa, San Pablo. Gran Av. José Miguel Carrera, Santa Rosa, Vicuña Mackenna y su continuación por Concha Y Toro. También se aprecia una concentración en el extremo nororiente de la comuna de Santiago en el área entre Av. Santa María; Liber. Bernardo O'Higgins, Manuel Rodríguez y Vicuña Mackenna.

En la figura 2 se observa la localización de los corredores sobre la figura 1 de densidad de accidentes de locomoción colectiva. En esta se aprecia que los corredores coinciden en algunas de las avenidas antes

mencionadas marcadas por una gran cantidad de accidentes de buses, como en Av. Grecia, Santa Rosa y Vicuña Mackenna – Concha y Toro.

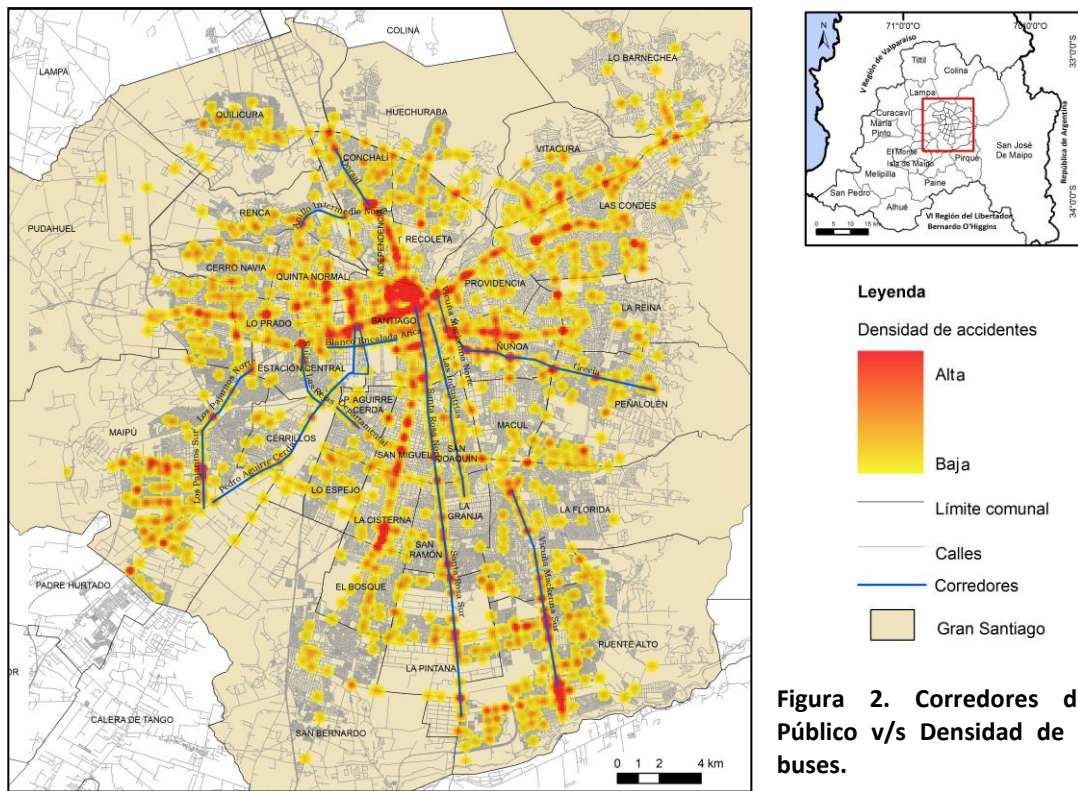


Figura 2. Corredores de Transporte Público v/s Densidad de accidentes de buses.

Un componente clave en el diseño de los corredores es la provisión de facilidades seguras para los peatones. Los corredores generalmente se construyen en el contexto de un desarrollo urbano preexistente, con patrones de cruce peatonal ya establecidos. La infraestructura típica de los corredores dispuestos en la(s) pista(s) de en medio crea una situación de peligro para los peatones, ya que estos deben cruzar otra(s) pista(s) para subir a un bus y al descender de este, o para cruzar a la vereda de enfrente, se ven obligados a cruzar el corredor que supone un alto flujo vehicular a alta velocidad. Si los requisitos de cruce de peatones no están, entonces les anima a cruzar peligrosamente lugares no habilitados o saltando por encima de las barandas dispuestas en el corredor. Así, la presencia de la baranda de protección puede llegar a empeorar la situación de seguridad si no existen disposiciones adecuadas para pasos de peatones (EMBARQ India, 2012).

La figura 3 da cuenta de esta situación. Un peatón cruza en un lugar no habilitado. Aparentemente se dirige al paradero (círculo amarillo en figura 3 (Parada 3 Ictinos – Av. Grecia)) que se encuentra en la pista de en medio, en el corredor Grecia en la comuna de Peñalolén. La peatón debe cruzar 3 pistas para llegar al paradero, primero cruza una vía común, luego debe pasar los tachones amarillos ingresando al corredor de buses, luego debe cruzar la reja de protección. Cabe destacar que se observa que ya han sacado una sección de la reja (círculo rojo en figura 3), forzada e ilícitamente, lo que da la idea de que este lugar se usa comúnmente por los peatones para cruzar al paradero. Finalmente debe cruzar una tercera pista, la segunda del corredor, para alcanzar el paradero. Si su destino es la veredera de enfrente, aún debe pasar sobre la barrera de protección y cruzar una cuarta pista, ya fuera del corredor.

Figura 3. Peatón cruza en lugar no habilitado en Corredor Grecia, Peñalolén.



Fuente: Google Street View, 2012.

El 13,2% (378) de los accidentes de tránsito con participación de buses registrados en el Gran Santiago 2011 (2.860) fueron atropellos. De los cuales el 29,1% (110) ocurrieron en corredores de transporte público. Cabe mencionar que las localizaciones con mayores cantidades de accidentes de atropellos, es decir los puntos críticos de atropellos, con participación de buses en todo el Gran Santiago 2011 ocurrieron en corredores.

La figura 4 muestra la densidad de Kernel de todos los atropellos con participación de buses en el Gran Santiago 2011.

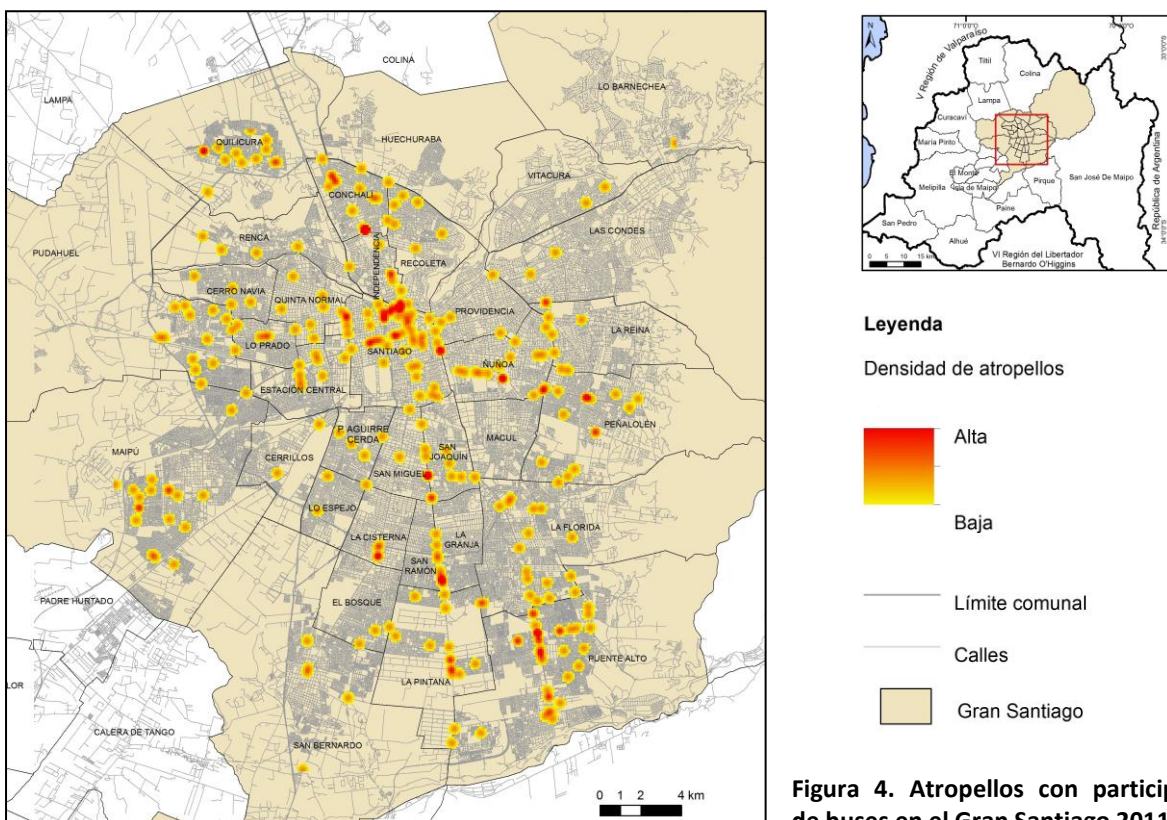


Figura 4. Atropellos con participación de buses en el Gran Santiago 2011.

La tabla n°2 indica la cantidad de accidentes totales y atropellos en cada corredor y la proporción de estos por km. Los corredores Dorsal, Vicuña Mackenna norte y sur, Santa Rosa Sur, Grecia y Santa Rosa Norte, resultan tener la mayor cantidad tanto de accidentes totales como de atropellos en orden decreciente.

Tabla 2. Atropellos y Accidentes totales en Corredores de Transporte público Gran

Corredor	Km Total	Comuna	Atropellos	Total Accidentes	Atropellos /km	Accidentes /km
Dorsal (Anillo Intermedio)	2,7	Conchalí	16	32	5,9	11,9
Vicuña Mackenna Norte	1,7	Providencia - Santiago	6	17	3,5	10,0
Vicuña Mackenna Sur	9,5	La Florida - Puente Alto	21	81	2,2	8,5
Santa Rosa Sur	8,6	San Ramón - La Granja - La Pintana	16	60	1,9	7,0
Grecia	9,9	Peñalolén - Ñuñoa	18	67	1,8	6,8
Santa Rosa Norte	11,1	San Miguel - San Joaquín - La Granja	18	73	1,6	6,6
Pajaritos Sur	3,6	Maipú	1	16	0,3	4,4
Pajaritos Norte	8	Pudahuel - Maipú	2	31	0,3	3,9
Blanco Encalada - Arica	1,7	Estación Central - Santiago	1	6	0,6	3,5
Anillo Intermedio Norte	2,6	Renca	0	9	0,0	3,5
Suiza - Las Rejas	2,9	Cerrillos - Estación Central	3	10	1,0	3,4
Departamental Poniente	3,5	Cerrillos - Pedro Aguirre Cerda	2	8	0,6	2,3
Pedro Aguirre Cerda	14,7	Maipú - Cerrillos - Santiago	2	29	0,1	2,0
Las Industrias	13,3	San Joaquín - La Granja	4	23	0,3	1,7

Fuente: Carabineros de Chile; Transantiago.

Elaboración: Propia

La figura 5 muestra la localización y distribución de los atropellos en los corredores. Se observa que en los corredores Dorsal, Vicuña Mackenna Norte y Sur, San Rosa Norte y Grecia se encuentran las localizaciones con mayor cantidad de atropellos.

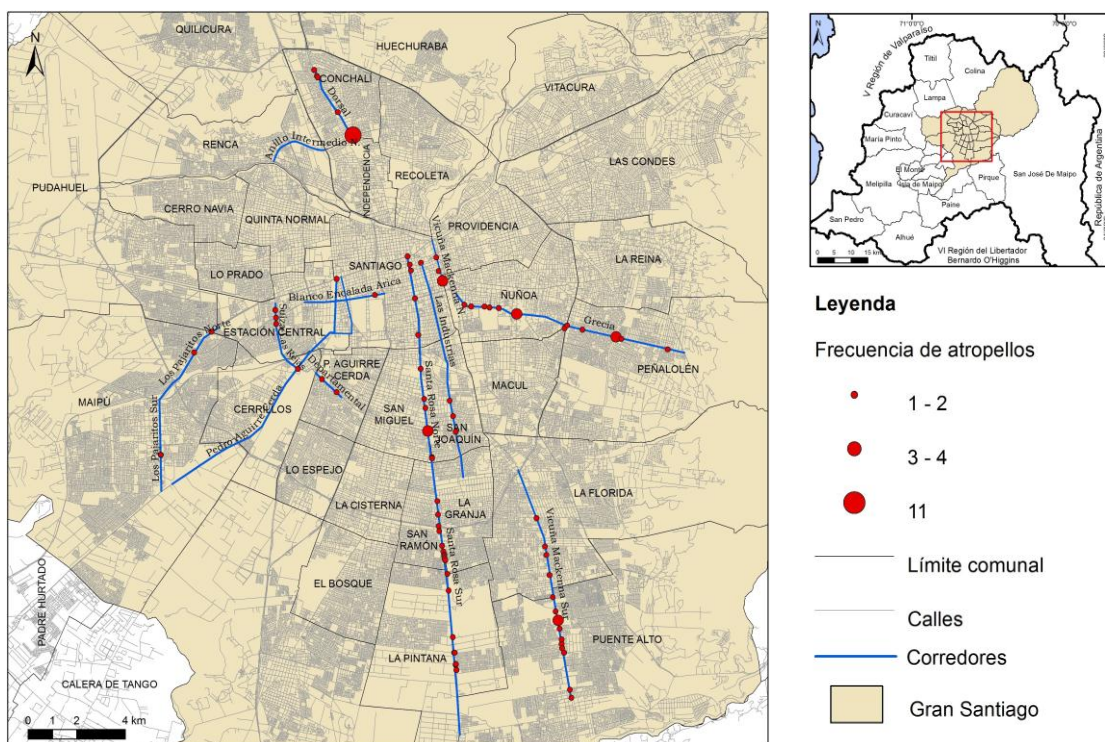


Figura 5. Accidentes de atropello con participación de buses en corredores.

Estudios internacionales consideran que los accidentes más severos (en base a su resultado, o costo) tienen mayor consistencia en la identificación de localizaciones peligrosas (Somenahalli & Tien Truong, 2011). Se calculó el índice de severidad, propuesto por Somenahalli & Truong, 2011, para cada localización de atropellos con participación de buses en corredor. Este índice considera las consecuencias del accidente según sea fatal, con lesionados o sólo daño material, ponderándose por gravedad².

La tabla n°3 muestra el resultado del cálculo de este índice, mostrando el Rankin de las 21 localizaciones más críticas de atropello en corredores. En la figura 6 se observa la distribución del índice en los corredores.

Los 110 atropellos que se registraron en corredores el 2011 con participación de buses, ocurrieron en 80 localizaciones, de las cuales el 73,7% (59) son intersecciones de calles. Estas 80 localizaciones donde ocurrieron los siniestros en cuestión se encuentran a una distancia promedio de 44 metros al paradero más cercano, por lo que es probable que estos peatones al momento del siniestro se dirigieran a un paradero o vinieran de este. Estudios muestran una fuerte relación entre los atropellos y los accesos peatonales a los paraderos de buses interurbanos (Hess et al. 2004; Pulugurtha & Charlotte, 2008) en cuanto estos se pueden considerar como generadores de peatones.

Tabla 3. Rankin 21 localizaciones críticas de atropello en corredores de Transporte público Gran Santiago 2011

Ubicación	Comuna	Muertos	Lesionados			Resultado				Total Accidentes	Índice de severidad
			Graves	Menos graves	Leves	Fatal	Grave	Otro	Material		
Independencia / Dorsal	Conchalí	0	4	3	5	0	4	7	0	11	16,3
Santa Rosa / Departamental	San Joaquín	0	3	0	2	0	3	2	0	5	8
Vicuña Mackenna / 10 De Julio Huamachuco	Santiago	0	1	0	3	0	1	3	0	4	5,7
Grecia / José Pedro Alessandri	Nuñoa	0	1	0	3	0	1	3	0	4	5,7
Grecia / Mariano Sánchez Fontecilla	Peñalolén	0	3	0	0	0	3	0	0	3	5,4
Concha Y Toro 3459	Puente Alto	0	0	1	3	0	0	4	0	4	5,2
Concha Y Toro / Luis Matte Larraín	Puente Alto	1	0	0	3	1	0	1	0	2	4,3
Santa Rosa / Benjamín Subercaseaux	La Granja	0	1	0	1	0	1	1	0	2	3,1
Concha Y Toro / Elisa Correa Sanfuentes	Puente Alto	0	1	0	1	0	1	1	0	2	3,1
Santa Rosa / Lo Blanco	La Pintana	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Santa Rosa 13766	La Pintana	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Concha Y Toro / Los Castaños	Puente Alto	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Santa Rosa / Canto General	La Granja	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Departamental / Galo González	P. Aguirre Cerda	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Santa Rosa 6245	San Miguel	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Presidente Salvador Allende / Las Industrias	San Joaquín	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Los Pajaritos 4909	Maipú	1	0	0	2	1	0	0	0	1	3
Las Rejas Sur / Tenquihuen	Estacion Central	1	0	1	0	1	0	0	0	1	3
Anita Lizana / Departamental	P. Aguirre Cerda	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Manuel Antonio Matta / Santa Rosa	Santiago	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Independencia 4207	Conchalí	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3

Fuente: Carabineros de Chile

Elaboración: Propia

² Índice de severidad = 3,0*Accidentes graves + 1,8*Accidentes graves + 1,3*(Accidentes menos graves + leves) + Accidentes con daño sólo material.

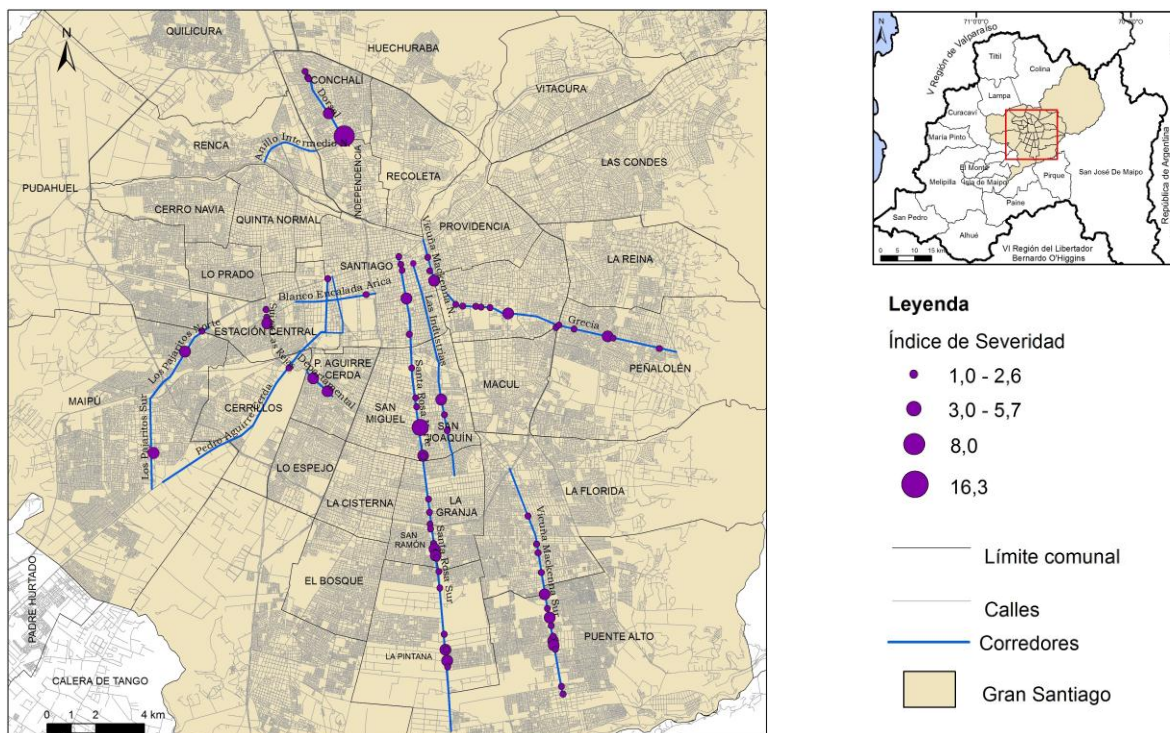


Figura 6. Distribución del índice de severidad de atropellos en corredores.

CONCLUSIÓN

La identificación de localizaciones críticas reveló que en las intersecciones los atropellos fueron más severos que los ocurridos en tramos de vía. El problema de las intersecciones y los accesos a paraderos, habiendo identificado las localizaciones críticas, se debe continuar evaluando en terreno para verificar las facilidades peatonales existentes³.

Este estudio ofrece una base para la identificación de localizaciones críticas de accidentes de atropello en corredores de transporte público a fin de evaluar los posibles factores causales, determinar contramedidas y planificar un sistema seguro de transporte público (Somenahalli & Truong, 2011).

³ Este tema ha sido tratado en el informe "Paraderos en zonas críticas de atropello en el Gran Santiago. Diagnóstico 2008-2010" Disponible en http://www.conaset.cl/conaset_web/contenido.php?id=190

TRABAJOS CITADOS

EMBARQ India (2012). Road Safety Design Guidelines for Bus Rapid Transit in Indian Cities.

Esri. (2011). *ArcGis Resource Center*. Recuperado en noviembre de 2012, de:
<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/005p00000006000000/>

Hess, P. M., A. V. Moudon, & J. M. Matlick. (2004). Pedestrian safety and transit corridors. *Journal of Public Transportation* 7: 73-93.

Pulugurtha, S. & Charlotte, C. (2008). Hazardous Bus Stops Identification: An Illustration Using GIS. *Journal of Public Transportation* , 11, 65-83.

Transantiago (2011). Corredores de transporte público. Recuperado en noviembre de 2012, de:
<http://www.transantiago.cl/INFRAESTRUCTURA/PARADAS/index.htm>

Somenahalli, S. V., & Tien Truong, L. (2011). Using GIS to Identify Pedestrian-Vehicle Crash Hot Spots and Unsafe Bus Stops. *Journal of Public Transportation*, 14(1), 99-114.

