

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**ANÁLISIS DEL DESPLAZAMIENTO PEATONAL EN LA
ROTONDA DE LA AVENIDA ANGÉLICA GAMARRA**

Tesis para optar el Título de **INGENIERA CIVIL**, que presenta el bachiller:

Gabriela Tupayachi Guzmán

Asesor: Ing. Felix Israel Cabrera Vega

Lima, mayo de 2016

RESUMEN

El presente trabajo de tesis consiste en determinar las características del desplazamiento peatonal en la rotonda de la Av. Angélica Gamarra y en qué medida se ve afectado por el tránsito vehicular. La investigación surge debido al nuevo enfoque de la movilidad sostenible que se centra en brindar mayores facilidades y beneficios a los peatones y usuarios vulnerables. Por ello, se reconoce que para cumplir con este nuevo paradigma es fundamental determinar primero sus características y necesidades.

Para alcanzar los objetivos planteados, se recurrió a la consulta bibliográfica de distintas fuentes de información y textos académicos. Además, para identificar las características geométricas se realizaron mediciones in situ y se utilizaron listas de chequeo. Por último, se evaluaron las características de desplazamiento de los vehículos y peatones mediante la observación directa y encuestas a los usuarios vulnerables.

Los resultados reflejan que los peatones se sienten más seguros en el carril por donde los vehículos transitan con más velocidad y más inseguros donde los vehículos transitan con velocidades menores. Asimismo, las líneas de deseo se dispersan donde la velocidad de vehículos es mayor y se convierte en una sola línea recta donde la velocidad de vehículos es menor. Además las personas invierten entre un 37% y 50% del tiempo total de cruce esperando un espacio entre vehículos para cruzar el óvalo. En cuanto a las encuestas, los resultados muestran que el 67% de los encuestados se siente muy inseguro al cruzar el óvalo, el 63% indica que el tránsito vehicular perjudica mucho su desplazamiento, el 83% siente que sus derechos como peatón no son respetados y el 100% indica que el óvalo necesita un semáforo o policía. Todos estos resultados evidencian la gran deficiencia del diseño del óvalo y la necesidad de nuevos diseños en la ciudad que prioricen al peatón.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen del Carmen por acompañarme siempre y saber guiarme con amor y paciencia ante las adversidades.

A mis padres, a mi hermana y a toda mi familia que con su amor, sabiduría y apoyo incondicional me ayudan a alcanzar todas mis metas.

A mis amigos que me comprenden, acompañan y ayudan a formarme con empatía y tolerancia.

Al ingeniero Israel Cabrera por su dedicación, tiempo y apoyo invertido.

INDICE

Capítulo 1: Introducción y objetivos	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Hipótesis	2
1.4. Alcances y limitaciones	2
Capítulo 2: Revisión de la literatura	4
2.1. Glorietas	4
2.1.1. Definición ventajas y desventajas	4
2.1.2. Variables geométricas de una rotonda	6
2.1.3. Tipos de glorietas	8
2.1.4. Capacidad de una glorieta	10
2.2. Usuarios vulnerables	15
2.2.1. Los peatones y sus características	16
2.2.2. Usuarios con habilidades diferentes	20
2.2.3. Comportamiento de peatones en rotondas	22
2.3. Diseño universal	26
2.3.1. Elementos de diseño	30
2.3.2. Listas de chequeo	33
2.4. Accidentes de tránsito	36
2.4.1. Tipos de accidentes de tránsito	37
2.4.2. Accidentes de tránsito en Lima Metropolitana	37
2.4.3. Tipos de seguridad vial	40
Capítulo 3: Metodología	43

3.1.	Evaluación de la velocidad de vehículos _____	44
3.2.	Evaluación del comportamiento de peatones _____	45
3.2.1.	Observación directa _____	46
3.2.2.	Encuestas _____	48
3.3.	Área de estudio _____	49
3.3.1.	Características del óvalo y del ramal en evaluación _____	50
Capítulo 4: Resultados _____		52
4.1.	Evaluación del ramal seleccionado _____	52
4.2.	Velocidad de vehículos _____	53
4.3.	Comportamiento de peatones _____	57
4.3.1.	Observación directa _____	57
4.3.2.	Encuestas _____	69
Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones _____		79
5.1.	Conclusiones _____	79
5.2.	Recomendaciones _____	81
REFERENCIAS _____		83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variables geométricas de una rotonda. _____	6
Figura 2. Glorieta normal. _____	8
Figura 3. Glorieta compacta. _____	9
Figura 4. Glorieta dobles. _____	10
Figura 5. Movimientos en una rotonda. _____	11
Figura 6. Variables geométricas en una rotonda. _____	12
Figura 7. Comparación de la influencia de las variables geométricas en la capacidad de una rotonda. _____	14
Figura 8. Clasificación de usuarios vulnerables. _____	16
Figura 9. Comparación del campo visual de un adulto y un niño. _____	17
Figura 10. Estimación de la población en Lima para el 2015. _____	19
Figura 11. Porcentaje de población clasificada por grupos de edad. _____	19
Figura 12. Personas con habilidades diferentes en el Perú. _____	20
Figura 13. Personas con una o más limitaciones. _____	21
Figura 14. Lado de ingreso y salida de una rotonda. _____	23
Figura 15. Comportamiento de peatones con presencia de vehículos que inicia en cruce por la línea de ingreso a la rotonda. _____	24
Figura 16. Comportamiento de peatones con presencia de vehículos y que inician en cruce por la línea de salida de la rotonda. _____	25
Figura 17. Comportamiento de peatones relacionado con el uso del cruce peatonal cuando realizan el cruce de la intersección. _____	26
Figura 18. Diferencias entre diseños accesibles y universales. _____	27
Figura 19. Diseño universal. _____	28

Figura 20. Ancho requerido para un peatón en silla de ruedas y un peatón caminando. _____	30
Figura 21. Ancho requerido para dos peatones en silla de ruedas. _____	31
Figura 22. Veredas. _____	32
Figura 23. Tipos de accidentes de tránsito. _____	37
Figura 24. Cantidad de accidentes por día en Lima Metropolitana. _____	38
Figura 25. Cantidad de accidentes por tipo de vehículo. _____	38
Figura 26. Comparación de tipo de accidentes de transporte entre una rotonda y una intersección en cruz. _____	39
Figura 27. Comparación de severidad de accidentes de transporte entre una rotonda y una intersección en cruz. _____	40
Figura 28. Desempeño de la seguridad nominal y sustantiva. _____	41
Figura 29. Percepción de la seguridad. _____	42
Figura 30. Trabajador de empresas de transporte público controlando el cruce. _____	44
Figura 31. Distancias para hallar velocidades de vehículos. _____	45
Figura 32. Tres secciones analizadas para medir la velocidad de los peatones. _____	46
Figura 33. Puntos de medición de los tiempos de espera y desplazamiento. _____	48
Figura 34. Entorno del área de estudio. _____	49
Figura 35. Área de estudio. _____	50
Figura 36. Crucero peatonal en análisis. _____	51
Figura 37. Crucero peatonal elevado al nivel de la vereda. _____	52
Figura 38. Semáforo con luz roja intermitente. _____	53

Figura 39. Velocidad promedio de vehículos en los carriles de ingreso a la rotonda (km/h).	54
Figura 40. Frecuencias y % acumulado de la velocidad de vehículos en los carriles de ingreso a la rotonda (km/h).	54
Figura 41. Velocidad de vehículos de transporte público reducida por la presencia de paradero cerca al cruceo peatonal.	55
Figura 42. Velocidad promedio de vehículos en los carriles de salida a la rotonda (km/h)	56
Figura 43. Frecuencias y % acumulado de la velocidad de vehículos en los carriles de salida de la rotonda (km/h).	57
Figura 44. Líneas de deseo cuando los peatones inicial el desplazamiento por el lado de salida de la rotonda.	58
Figura 45. Líneas de deseo cuando los peatones inicial el desplazamiento por el lado de ingreso a la rotonda.	59
Figura 46. Velocidad de peatones en los carriles de ingreso a la rotonda (m/s).	60
Figura 47. Velocidad de peatones en la mediana (m/s).	61
Figura 48. Velocidad de peatones en los carriles de salida a la rotonda (m/s).	61
Figura 49. Cantidad de peatones observados de acuerdo al género.	62
Figura 50. Cantidad de peatones observados de acuerdo al grupo de edad.	63
Figura 51. Comportamiento de peatones cuando inician por el ingreso a la rotonda.	64
Figura 52. Comportamiento de peatones cuando inician por la salida de la rotonda.	64

Figura 53. Detención en carriles cuando peatones inician el desplazamiento por el ingreso a la rotonda. _____	65
Figura 54. Detención en carriles cuando peatones inician el desplazamiento por la salida de la rotonda. _____	66
Figura 55. Tiempos de espera (segundos) de peatones de acuerdo al grupo de edad al que pertenecen. _____	67
Figura 56. Tiempos de espera (segundos) de peatones de acuerdo al punto de inicio del cruce. _____	67
Figura 57. Personas agrupadas realizando el cruce. _____	68
Figura 58. Porcentaje de personas encuestadas de acuerdo al género. ____	69
Figura 59. Porcentaje de personas encuestadas de acuerdo al grupo de edad. _____	69
Figura 60. Facilidad que sintieron los peatones al cruzar el óvalo. _____	70
Figura 61. Seguridad que sintieron los peatones al cruzar el óvalo. _____	71
Figura 62. ¿Cuánto afecta el tránsito vehicular al desplazamiento de peatones? _____	71
Figura 63. ¿Los derechos del peatón son respetados por los conductores? 72	
Figura 64. ¿La velocidad de vehículos es adecuada? _____	72
Figura 65. Tiempo que se “pierde” al cruzar el óvalo. _____	73
Figura 66. Frecuencia de uso del óvalo por peatones con habilidades diferentes. _____	74
Figura 67. Dificultad de desplazamiento de peatones con habilidades diferentes. _____	74
Figura 68. Preferencia de cruzar en grupo. _____	75
Figura 69. Condiciones de seguridad que brinda el semáforo. _____	76
Figura 70. Necesidad de semáforos y policías en el cruce. _____	76

Figura 71. Áreas de la rotonda percibidas como más seguras. _____77

Figura 72. Aspectos del óvalo Angélica Gamarra que más incomodan a los peatones. _____78



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas que ofrecen las glorietas. _____	5
Tabla 2. Promedio de accidentes de transporte de varios países. _____	6
Tabla 4. Parámetros y factores determinados por Kimber. _____	11
Tabla 5. Variables geométricas de seis escenarios. _____	12
Tabla 6. Factores y capacidad de los seis escenarios. _____	14
Tabla 7. Necesidades de diseño para los peatones con habilidades diferentes. _____	22
Tabla 8. Lista de chequeo para evaluación del entorno y de una intersección. _____	34
Tabla 9. Cantidad de vehículos analizados en el lado de ingreso a la rotonda. _____	53
Tabla 10. Cantidad de vehículos analizados en el lado de salida de la rotonda. _____	56

LISTA DE ABREVIATURAS

OMS	Organización mundial de la salud
TRB	Transportation research board
HCM	Highway Capacity Manual
FHWA	Federal Highway Administration
BID	Banco Interamericano de desarrollo
NACTO	National Association of City Transportation Officials
DMRB	Design Manual for Roads and Bridges
MUTCD	Manual on Uniform Traffic Control Devices
CUD	Center of universal design
DGT	Dirección general del tráfico
MTC	Ministerio de transportes y comunicaciones
ITRE	Institute for Transportation Research and Education
NCSU	North Carolina State University

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

Los espacios públicos son una combinación de aspectos naturales que son modificados continuamente por los hombres y deben funcionar en armonía y equilibrio para el bienestar de todos los habitantes.

El crecimiento desordenado de la ciudad, el incremento del tránsito vehicular, el aumento de las distancias entre lugares de residencia y trabajo o centros educativos, el incumplimiento de las normas, la falta de control y supervisión de comportamientos de los usuarios de las vías públicas, entre otros, son características particulares de Lima que influyen en el dinamismo y funcionalidad de la ciudad y originan los problemas y roces muy complejos entre modos de transporte y desplazamiento en los cuales los más afectados son los usuarios vulnerables de las vías.

Durante muchos años los diseños de los espacios públicos de la ciudad se han realizado priorizando el desplazamiento de los vehículos motorizados, restándole importancia a los peatones y su circulación. Debido a ello, surge la necesidad de identificar las deficiencias del sistema actual, que perjudican a los usuarios vulnerables, para lograr una mejora en las características de desplazamiento de estos usuarios y, en general, en la calidad de vida de todos los ciudadanos.

El término de vulnerabilidad hace referencia a un grupo de usuarios que por distintas características en su forma de desplazamiento y características físicas, presentan un mayor riesgo a sufrir lesiones. Ésta distinción debe despertar intereses muy grandes en los profesionales y autoridades para obtener soluciones complejas desde el ámbito legal, de diseño, social, territorial, etc.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de esta investigación es conocer en qué medida el desplazamiento de los peatones en la rotonda Angélica Gamarra se ve afectado por el tránsito vehicular.

1.2.2. Objetivos específicos

Para empezar, se desea conocer las opiniones y los problemas que encuentran los usuarios vulnerables al desplazarse por el óvalo. A demás, determinar las líneas de deseo peatonales e identificar las características geométricas del óvalo que dificultan el desplazamiento de los peatones mediante la aplicación de las listas de chequeo. Finalmente, determinar los tiempos de viaje, tiempos de espera y velocidades del desplazamiento de los peatones al realizar el cruce de acuerdo a género, condición física, grupo de edad, entre otros.

1.3. Hipótesis

Las características de diseño del óvalo influyen en el desplazamiento de los peatones, en su velocidad, tiempo de espera, etc. Asimismo, la velocidad de los vehículos es un gran impedimento para que los peatones puedan realizar el cruce con seguridad y existen diferencias y similitudes en las características de desplazamiento de los peatones en los carriles de ingreso y salida del óvalo.

1.4. Alcances y limitaciones

El trabajo de tesis se centra en el análisis del comportamiento de los peatones dentro de la rotonda de la Av. Angélica Gamarra teniendo en cuenta las características específicas de la zona, la cultura y educación de las personas, tanto de los peatones como de los conductores, y el contexto que ofrece, como son los centros de estudio y trabajo de alrededor y los paraderos cercanos a la rotonda.

Las características a detalle del desplazamiento de los vehículos no serán evaluadas debido a las limitaciones de tiempo y recursos; y además se debe comprender que los resultados obtenidos no pueden ser asumidos como generalidades debido a la serie de factores particulares que influyen en la investigación.



CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Glorietas

2.1.1. Definición ventajas y desventajas

Las glorietas, rotondas u óvalos surgen como una propuesta del ingeniero neoyorquino William Eno y el arquitecto parisino Egène Hérnard a inicios del siglo XX para remediar los problemas de congestión vehicular y accidentabilidad basándose en la idea de “obligar a los vehículos a rodear un obstáculo, por lo cual describirían trayectorias casi concéntricas que se corten bajo algunos ángulos muy pequeños”. (Bañón & Beviá, 2000).

Según *The highway capacity manual (TBR, 2010)* las rotondas son intersecciones no semaforizadas con una calzada circulatoria y una isla central, en la cual los vehículos entrantes ceden el paso al tráfico circulante. Uno de sus principales objetivos es mejorar la seguridad vial, pues colocar una rotonda en lugar de una intersección común reduce la cantidad de accidentes debido a que los puntos de conflicto son menores (HWCA, 2010).

Asimismo, este manual indica que se reduce el tiempo de circulación de los vehículos dentro de una rotonda en comparación con una intersección semaforizada, por lo que se disminuye la cantidad de paradas y ciclos de aceleración y desaceleración y se mejora el desempeño de la intersección; esta característica también tiene una buena respuesta ambiental debido a que se mejora la calidad del aire por la reducción de ciclos de aceleración y desaceleración y se reduce el ruido ocasionado por los vehículos.

En cuanto a las condiciones geométricas de las rotondas, también son consideradas como grandes ventajas debido a que los vehículos se ven obligados a reducir la velocidad para realizar las próximas maniobras (TBR, 2010). Esta acción permite a los peatones encontrar más oportunidades de cruce, con lo que también se benefician los usuarios vulnerables. Sin embargo, según investigaciones realizadas por Guth et al. (2005), los vehículos reducen

su velocidad en los carriles de entrada y aumentan la velocidad en los carriles de salida, lo que califica a un óvalo como una intersección que puede generar conflictos entre los usuarios.

A continuación se muestra un cuadro resumen de las ventajas y desventajas que ofrecen las glorietas.

Tabla 1. Ventajas y desventajas que ofrecen las glorietas.

Fuente: Adaptado de Bañón (2000).

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de intersección de múltiples ramales. • Mejoran la capacidad de la intersección. • Mejoran las condiciones ambientales (polución, ruido, etc.). • Disminuye los costes de mantenimiento. • Conecta vías de distinto régimen y categoría. • Si tiene un diseño correcto ofrece mayor seguridad. • Ofrece menores tiempos de espera. • Puede ser un elemento moderador de velocidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las vías que intersecan pierden un orden de prioridad. • No se conoce del todo su comportamiento ante ciertas situaciones del tráfico. • Un mal diseño puede desvirtuar todas las ventajas que posee en teoría. • Plantea problemas en el desplazamiento de los peatones. • Muestra dificultades para la implementación de la ciclovías. • Dificulta la gestión del transporte público.

El FHWA realizó investigaciones respecto a la cantidad de accidentes que se reducen cuando una intersección convencional semaforizada es reemplazada por una rotonda. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los datos recaudados de seis países que demuestran lo indicado.

Tabla 2. Promedio de accidentes de transporte de varios países.

Fuente: Adaptado de FHWA (2000).

País	Todos los accidentes	Lesiones en los accidentes
Australia	41 - 61%	45 - 87 %
Francia		57 - 78%
Alemania	36%	
Países Bajos	47%	
Reino Unido		25 - 39%
Estados Unidos	37%	51%

2.1.2. Variables geométricas de una rotonda

Las variables geométricas en una rotonda se muestran en la siguiente figura:

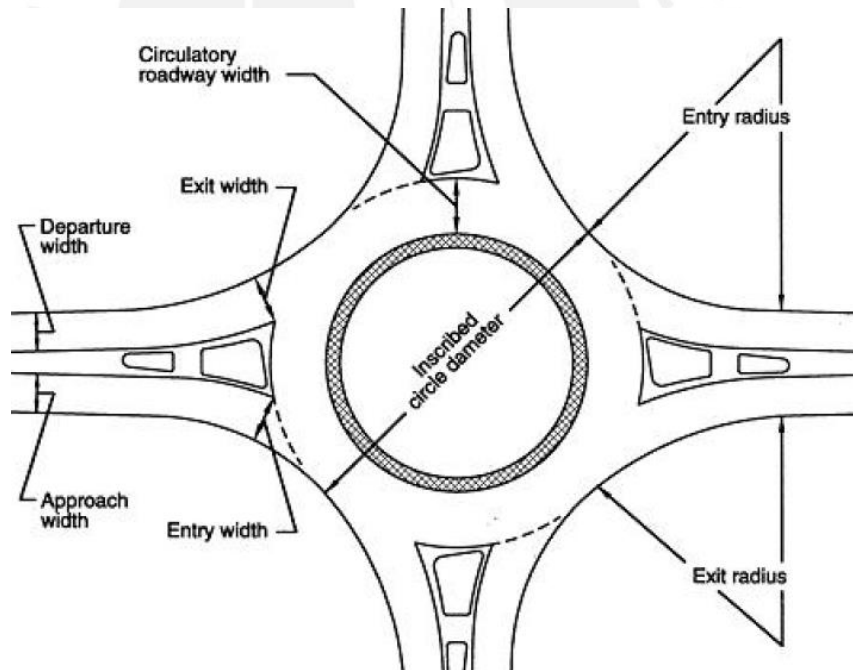


Figura 1. Variables geométricas de una rotonda.

Fuente: NCHRP (2004).

La definición de cada uno de los elementos de la rotonda se explica en la tabla 3, mostrada a continuación.

Tabla 3. Variables geométricas de una rotonda.

Fuente: Adaptado de NCHRP (2004).

Elemento	Descripción
Diámetro del círculo inscrito (<i>Inscribed circle diameter</i>)	El diámetro del círculo inscrito es un parámetro pase utilizado para definir el tamaño de la rotonda. Es medido entre los bordes exteriores de la calzada circular.
Ancho de la calzada circular (<i>Circulating roadway width</i>)	El ancho de la calzada circular define el ancho de la calzada para la circulación de todos los vehículos alrededor de la isla central.
Ancho de la calzada de aproximación (<i>Approach width</i>)	El ancho de la calzada de aproximación es el ancho de la calzada utilizada por los vehículos cuando se aproximan aguas arriba de cualquier cambio de ancho asociado a la rotonda.
Ancho de calzada de desviación (<i>Departure width</i>)	El ancho de la calzada de desviación es el ancho de la calzada utilizada por los vehículos de salida aguas debajo de cualquier cambio en el ancho asociado a la rotonda.
Ancho de la calzada de entrada (<i>Entry width</i>)	El ancho de la calzada de entrada se define como el ancho de entrada donde se encuentra con el círculo inscrito. Se mide perpendicularmente desde el borde derecho de la entrada hasta el punto de la línea del borde izquierdo.
Ancho de salida (<i>Exit width</i>)	El ancho de la calzada de salida se define como el ancho de salida donde se encuentra el círculo inscrito. Se mide de manera perpendicular desde el borde derecho de la salida hasta el punto de la línea del borde izquierdo.
Radio de curvatura de entrada (<i>Entry radius</i>)	Es el mínimo radio de curvatura del borde exterior de la entrada.
Radio de curvatura de salida (<i>Exit radius</i>)	Es el mínimo radio de curvatura del borde exterior de salida.
Ángulo de entrada	Es el ángulo entre la proyección del carril de ingreso y la curva de ingreso a la rotonda.

2.1.3. Tipos de glorietas

Según el Design Manual of Road and Brindges (DMRB, 2007), existen diferentes tipos de glorietas cuya implementación dependerá de las características de los usuarios, del entorno, del espacio disponible para el diseño de la glorieta, de los problemas de la intersección, etc.

Las más comunes son las **glorietas normales** que tienen una isla central de por lo menos 4m de diámetro (Figura 2). Estas se caracterizan por tener entradas acampanadas y una calzada de un ancho que permite la colocación de dos o tres carriles. Un segundo tipo son las **glorietas compactas**, que a diferencia de las primeras, cuentan con sólo un carril de ingreso y otro de salida y se caracterizan geométricamente porque no ofrecen ingresos acampanados (Figura 3). Este diseño permite que las glorietas compactas sean más adecuadas para el desplazamiento de peatones y ciclistas, además los ingresos perpendiculares obligan lo vehículos a reducir la velocidad de ingreso más que una glorieta con entradas acampanadas.

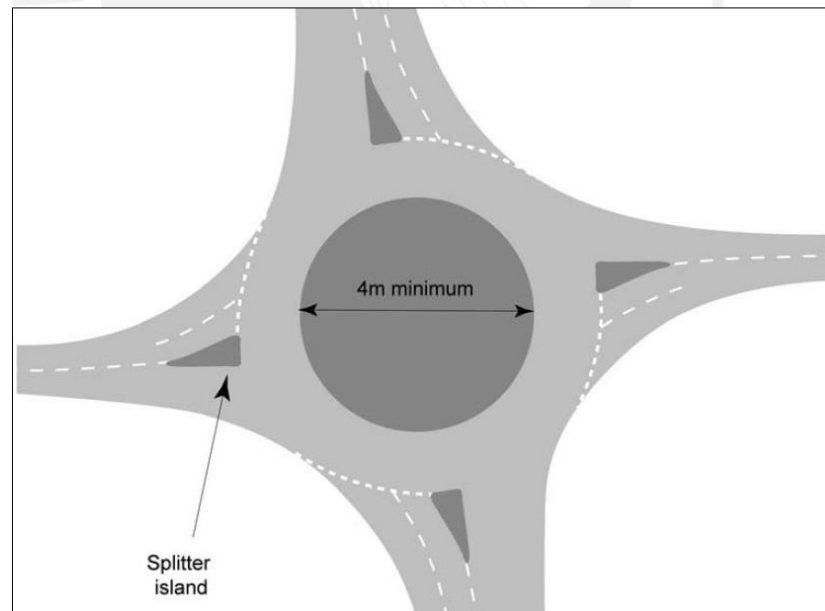


Figura 2. Glorieta normal.

Fuente: DMRB (2007).

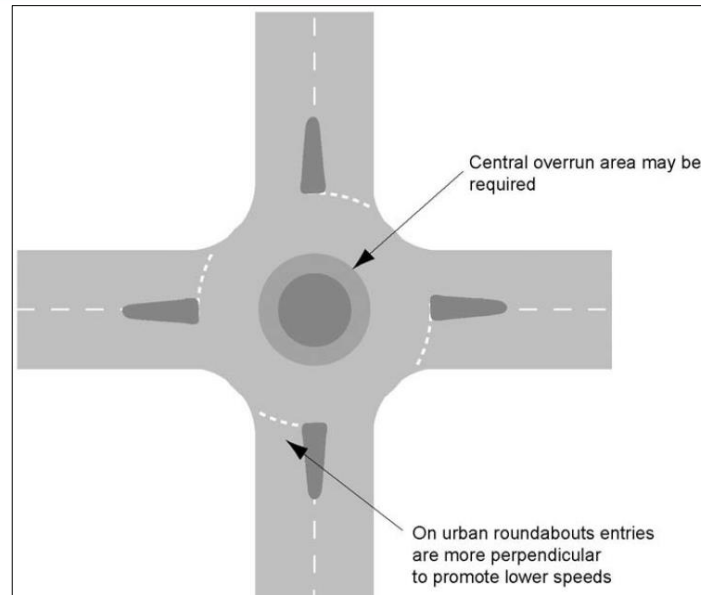


Figura 3. Glorieta compacta.

Fuente: DMRB (2007).

Cuando se desea simplificar el diseño de la rotonda se puede implementar las **mini-glorietas** que cuentan con una isleta central con un diámetro entre 1 y 4m a nivel del suelo o un poco elevada (5mm). Sin embargo, se debe tener en cuenta que estas glorietas solo deben ser implementadas si las velocidades son menores a 50 km/h; asimismo, por su tamaño, estas glorietas deben estar libres de todo el mobiliario posible y contar solo con lo imprescindible (DMRB, 2007).

Por último, dependiendo de las necesidades y problemas que se deseen solucionar en la intersección, las **glorietas dobles** pueden ser una gran alternativa ya que es una intersección compuesta por dos glorietas que pueden ser mini-glorietas, glorietas compactas o normales (Figura 4). Este tipo de rotondas puede ser implementada para unir dos carreteras paralelas separadas por un obstáculo como una autopista o ferrocarril; también pueden ser utilizadas para aumentar la capacidad de una glorieta individual. Una gran ventaja de las glorietas dobles es que brindan mejores condiciones de seguridad ya que los vehículos se ven obligados a desplazarse a menores velocidades.

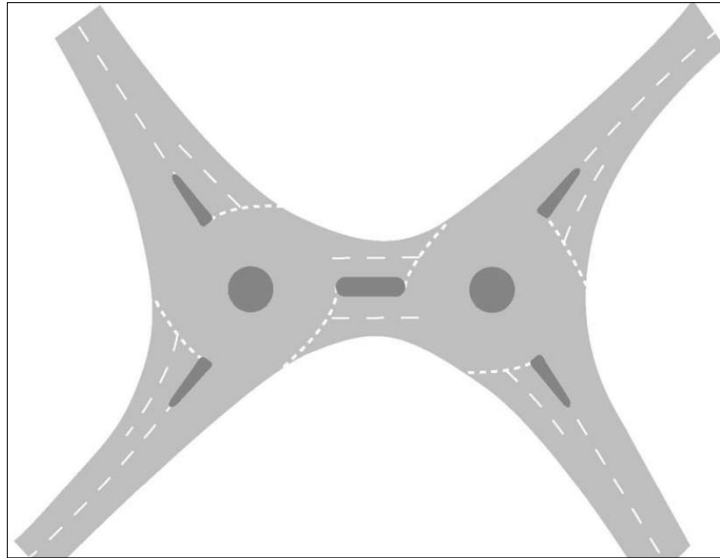


Figura 4. Glorieta dobles.

Fuente: DMRB (2007).

2.1.4. Capacidad de una glorieta

Según el HWCM (2000), para analizar cualquier tipo de intersección existen dos tipos de modelos: el modelo empírico y el modelo analítico. El primero relaciona las características geométricas, con la dinámica de funcionamiento dentro de la rotonda como capacidad y retrasos. En cambio, el segundo modelo se basa en los conceptos de brechas.

El análisis empírico de una intersección es el más recomendable por el HWCM debido a que los resultados son más reales y el análisis es más completo; sin embargo, para la calibración de ciertos valores se requiere del análisis de una serie de rotondas congestionadas. Así también, el análisis de una rotonda de múltiples carriles es mucho más complejo, pues se requiere de información y datos que involucran el comportamiento de los conductores; además, en este caso el análisis mediante el modelo de brechas ya no es aplicable.

Por otro lado, Fernandez (2011) presenta el método de Kimber (1980) para obtener los valores de la capacidad de una rotonda con más de un carril.

$$Q_e = Q_o - \alpha q_c$$

Donde, Q_e , en veh/h, es la capacidad de un acceso de la rotonda, q_c , en veh/h, es el flujo circulante frente al acceso y α es un factor de reducción de la capacidad ideal Q_o debido a las características geométricas del acceso.

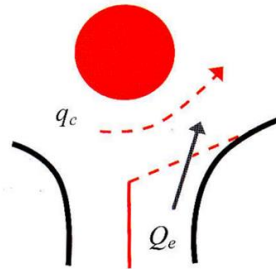


Figura 5. Movimientos en una rotonda.

Fuente: Fernández (2011).

Para calcular la capacidad de un acceso de una rotonda, Kimber (1980) utiliza la siguiente expresión:

$$Q_e = k[ax - by(1 + cx)q_c]$$

En la cual los parámetros a , b y c son parámetros con valores específicos y k , x e y son factores que dependen de la geometría.

Tabla 4. Parámetros y factores determinados por Kimber.

Fuente: Adaptado de Fernández (2011).

Parámetros y factores	Valor
a	303
b	0.21
c	0.2
k	$k = 1 - 0.00347(\phi - 30) - 0.978\left(\frac{1}{r} - 0.05\right)$
x	$x = v + \frac{e - v}{1 + 3.2\left(\frac{e - v}{l}\right)}$
y	$y = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{\left(\frac{D-60}{10}\right)}}$

En la tabla anterior, “ e ” es el ancho de la calzada de entrada, “ v ” es el ancho de la calzada de aproximación, “ l ” es el largo de ensanche de entrada, “ D ” es el diámetro del círculo inscrito, “ r ” es el radio de curvatura de entrada y “ ϕ ” es el ángulo de entrada. Éstas variables se muestran en la siguiente figura:

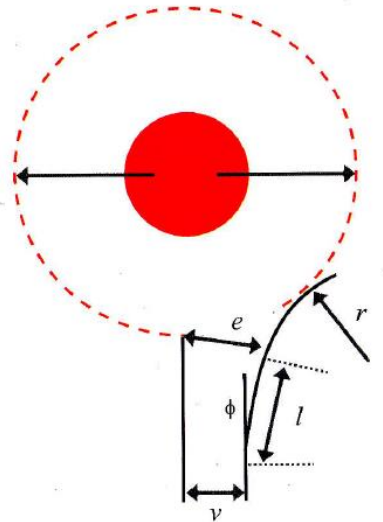


Figura 6. Variables geométricas en una rotonda.

Fuente: Fernández (2011).

Las variables geométricas consideradas por Kimber (1980) tienen gran influencia en el análisis de la capacidad de un acceso de una rotonda y para demostrarlo se compararán seis escenarios en la siguiente tabla:

Tabla 5. Variables geométricas de seis escenarios.

Fuente: Propia.

Variables	Escenario A	Escenario B	Escenario C	Escenario D	Escenario E	Escenario F
e (m)	6	4.5	6	6	6	6
v (m)	3	3	3	3	3	3
l (m)	14	14	7	14	14	14
D (m)	24	24	24	12	23	24
r (m)	28	28	28	28	14	28
ϕ (°)	0	0	0	0	0	5

Con este ejercicio se desea comparar los escenarios A, B, C, D, E y F en los cuales los valores de los parámetros geométricos varían.

Para conocer la influencia que tienen las variables en la capacidad de un acceso de la rotonda, en la tabla 5 se tomó como referencia los valores de las variables del **escenario A** y se redujo a la mitad los valores de las variables de los otros escenarios. En la comparación de los primeros escenarios, **escenarios A y B**, se aprecia que la diferencia entre los parámetros “e” y “v” es la mitad (3 en el escenario A y 1.5 en el escenario B).

Al enfocar la atención en los **escenarios A y C** se observa que se redujo a la mitad el valor del largo de ensanche “l”, (14m en el escenario A y 7m en el escenario C). Además, el contraste entre los **escenarios A y D** muestra que se redujo a la mitad el diámetro del círculo inscrito “D” en la rotonda (24m en el escenario A y 12m en el escenario D). El último valor reducido a la mitad fue el del radio de curvatura de entrada “r”, en los **escenarios A y E**, siendo 28m en el escenario A y 14m en el escenario E. Finalmente, se colocó un valor de 5° para la variable del ángulo de entrada “ θ ” en el escenario F para comparar los **escenarios F y A**.

Suponiendo un valor de “ Q_c ” igual a 700 veh/h y con las variables anteriormente definidas, se calculan los factores K , X e Y y finalmente el valor de la capacidad de la rotonda con la fórmula de kimber (Q_e).

Tabla 6. Factores y capacidad de los seis escenarios.

Fuente: Propia.

		Escenario A	Escenario B	Escenario C	Escenario D	Escenario E	Escenario F
Factores	K	1.118	1.118	1.118	1.118	1.083	1.101
	X	4.780	4.117	4.265	4.780	4.780	4.780
	Y	1.499	1.498	1.499	1.500	1.499	1.499
Capacidad	Q_e	1318 veh/h	1094 veh/h	1143 veh/h	1318 veh/h	1278 veh/h	1298 veh/h
Variación respecto al escenario A			-17.0%	-13.2%	0.0%	-3.0%	-1.5%

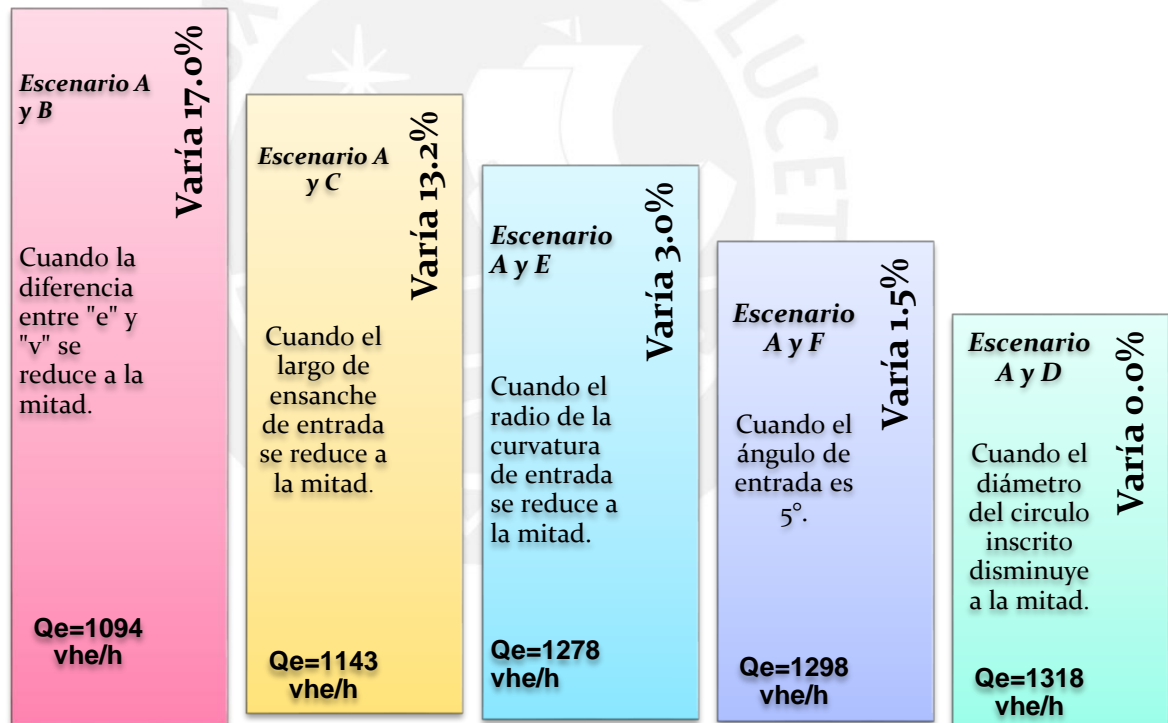


Figura 7. Comparación de la influencia de las variables geométricas en la capacidad de una rotonda.

Fuente: Propia.

En la tabla 6 y figura 7 se muestra la variación en porcentajes de la capacidad de un acceso de la rotonda (Q_e) de todos los escenarios en comparación con el

escenario A y se concluye que las variables geométrica más influyentes en la determinación de la capacidad de un acceso de una rotonda es la diferencia entre el ancho de entrada “ e ” y el ancho de aproximación “ v ” (produce una variación del 17.0%) y la variación en el largo de ensanche de entrada “ l ” (produce una variación 13.2%). Asimismo, se puede observar que las variables que menos influencia tienen son el radio de curvatura “ r ” (variación en un 3.0%), el ángulo de entrada (variación en un 1.5%) y el diámetro del círculo inscrito (variación en un 0.0%).

Las características geométricas del acceso de una rotonda son de vital importancia cuando se desea analizar el efecto del tráfico en el desplazamiento de los peatones; sin embargo, es necesario recalcar que su análisis no traerá resultados integrales debido a que son muchos los factores que influyen en las características de desplazamiento de los peatones, como visibilidad, seguridad vial, accesibilidad peatonal, entre otros.

2.2. Usuarios vulnerables

Según la OMS (2013a) más de la mitad de muertes en el mundo por accidentes de tráfico involucran a los usuarios vulnerables: peatones (22%), ciclistas (5%) y motociclistas (23%).

Según la dirección de tráfico del ministerio del interior de Madrid (2011), los usuarios vulnerables son todos los ciudadanos que por características particulares del medio de desplazamiento que utilizan, así como por las características físicas del grupo de edad al que pertenecen, tienen un mayor riesgo a sufrir lesiones. De esta forma se incluye en este grupo a los peatones en general, a los niños, personas mayores, personas con movilidad reducida y a los ciclistas.



Figura 8. Clasificación de usuarios vulnerables.

Fuente: DGT – Ministerio del interior de Madrid (2011).

2.2.1. Los peatones y sus características

Los diseños de cualquier tipo de vía deben tener en cuenta una amplia variedad de capacidades y necesidades físicas de diferentes grupos de peatones. Las personas ágiles y que no presentan ninguna discapacidad pueden hacer uso de las vías superando las deficiencias de cualquier diseño; sin embargo, cuando una persona cuenta con movilidad reducida debido a la edad o alguna condición física diferente, un buen diseño es indispensable.

Debido a las razones descritas en el párrafo anterior, es de suma importancia distinguir las características de distintos grupos de peatones para poder identificar sus necesidades y tenerlas en cuenta al realizar el análisis de cualquier tipo de intersección.

Un grupo de población considerada como vulnerable es el de los niños debido a su pobre comprensión respecto a seguridad vial y a su comportamiento propio de la edad. A continuación, se describirán las características por las que son catalogados como un grupo vulnerable según Dewar, R (2002).

Los niños poseen un campo visual limitado hasta aproximadamente los 10 años de edad (figura 9) que junto a su baja estatura les impide visualizar correctamente el estado del tráfico; además poseen dificultad para percibir la dirección del sonido, velocidad de vehículos y distancias seguras entre los vehículos para cruzar. Otra característica peculiar de los niños es su baja capacidad de concentración, su dificultad para distinguir la izquierda de la derecha y además su poco o nulo conocimiento de los dispositivos de control y cruces peatonales. Adicionalmente, los niños tienen a pensar que los adultos serán amables con ellos sin importar las circunstancias, por lo que estarán dispuestos a detenerse instantáneamente si los ven en peligro.

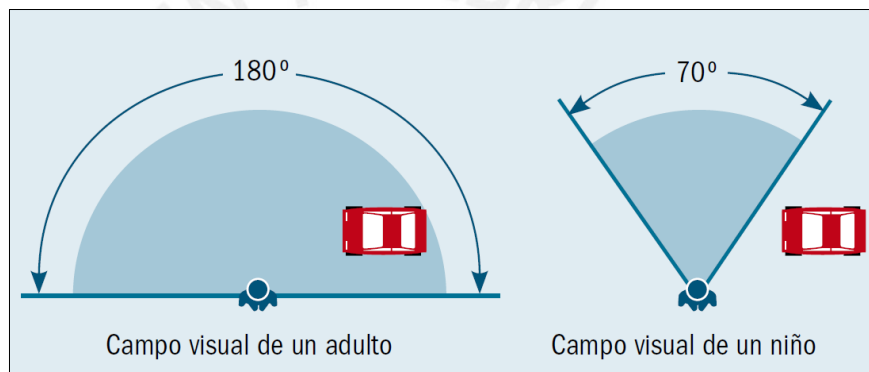


Figura 9. Comparación del campo visual de un adulto y un niño.

Fuente: Dirección general de tráfico – Ministerio del interior de Madrid (2011).

Otro grupo de peatones que es considerado con un grado de vulnerabilidad bastante alto es el de los adultos mayores debido a que ciertas características y condiciones físicas limitan sus habilidades para tener un desplazamiento seguro en la ciudad. Además, cabe recalcar que este grupo de personas tiende a caminar mucho más debido a que tienen más tiempo libre, es un buen ejercicio y es un modo de transporte económico.

Según FHWA (2006), en cuanto a sus características físicas, la visión de los adultos mayores es afectada debido a que su campo visual queda reducido, pierden sensibilidad de contrastes y adquieren movimientos muy lentos de los ojos. Asimismo, tienen dificultad para mantener una postura estable, lo que se

manifiesta en un desplazamiento muy lento y si requieren el uso de bastones o muletas, su desplazamiento será aún más pausado. Respecto a sus reacciones, este grupo pierde habilidades para la toma de decisiones y adquieren reacciones lentas; además su atención es selectiva, lo que les impide realizar varias tareas a la vez y les es más complicado localizar información relevante en el entorno. En cuanto a la evaluación del estado de tráfico, lo más complicado para este grupo de peatones es la selección de cruces peatonales seguros y la evaluación de la velocidad de aproximación de los vehículos, por lo que sus decisiones pueden ser erradas antes de cruzar.

Adicionalmente a lo descrito como características propias de la edad de los adultos mayores, muchos de ellos sufren enfermedades que limitan aún más sus desplazamientos por lo cual, numerosas personas de edad avanzada son consideradas como peatones con movilidad reducida, lo que las convierte en un grupo con un grado de vulnerabilidad todavía mayor.

Bajo el contexto de la movilidad es necesario estudiar cuáles son las facilidades y dificultades que los usuarios vulnerables encuentran al realizar los desplazamientos por la ciudad y además tener en cuenta que el porcentaje que representan del total de la población es elevado. Gracias a los censos realizados en el 2013 por el INEI y a las estimaciones para el año 2015 se pueden obtener las cifras mostradas en la figura 10, que indica el número de personas clasificadas por los distintos grupos de edad para la provincia de Lima.

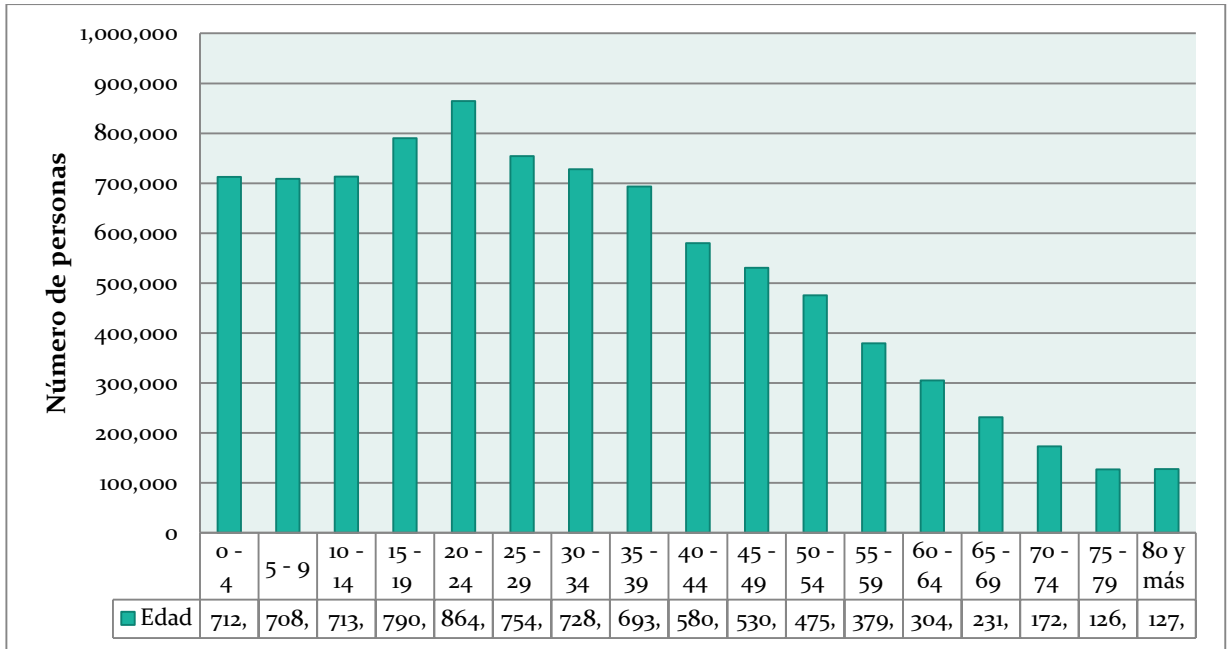


Figura 10. Estimación de la población en Lima para el 2015.

Fuente: Adaptado del INEI (2013).

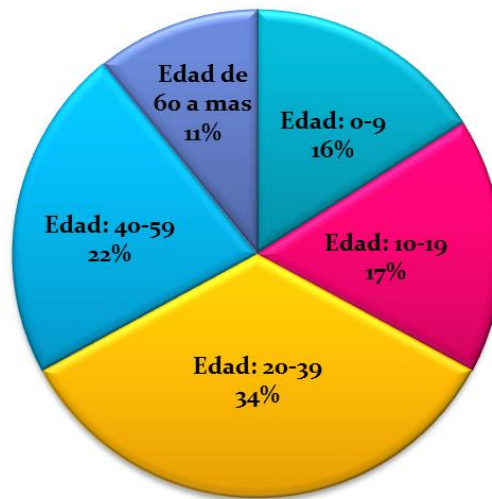


Figura 11. Porcentaje de población clasificada por grupos de edad.

Fuente: Adaptado del INEI (2013).

En la figura 10 y 11 se contabiliza un total de 963,353 (11%) adultos mayores de 60 años de edad y 1,421,420 (16%) niños menores de 9 años para junio del año 2015. Estas proporciones se pueden interpretar como un gran reto para los ingenieros y autoridades, debido a que la suma de la población menor a 9 años

y mayor a 60 años es el 26% del total de ciudadanos limeños, por lo que Lima debe estar diseñada para atender las necesidades de este grupo especial de usuarios.

Otra de las características más importantes que se debe tomar en cuenta al diseñar las ciudades “para las personas” es la velocidad de desplazamiento de los peatones. De acuerdo a MUTCD (2009) la velocidad de desplazamiento adecuada para todo tipo de usuarios, como peatones con silla de ruedas, adultos mayores, niños, etc. es de 1.07 m/s y según una de las publicaciones de FHWA (2004) el rango de velocidades de desplazamiento de los peatones está entre 0.8 y 1.8 m/s.

Sin embargo, es necesario definir la velocidad de desplazamiento de los peatones de acuerdo a las condiciones y circunstancias en la rotonda en análisis, la cual se obtendrá en los capítulos III y IV.

2.2.2. Usuarios con habilidades diferentes

Las personas con habilidades diferentes representan el 5.2% de la población peruana (1 millón 575 mil personas) según cifras del INEI (2013). Este grupo de personas está distribuido de la siguiente manera:

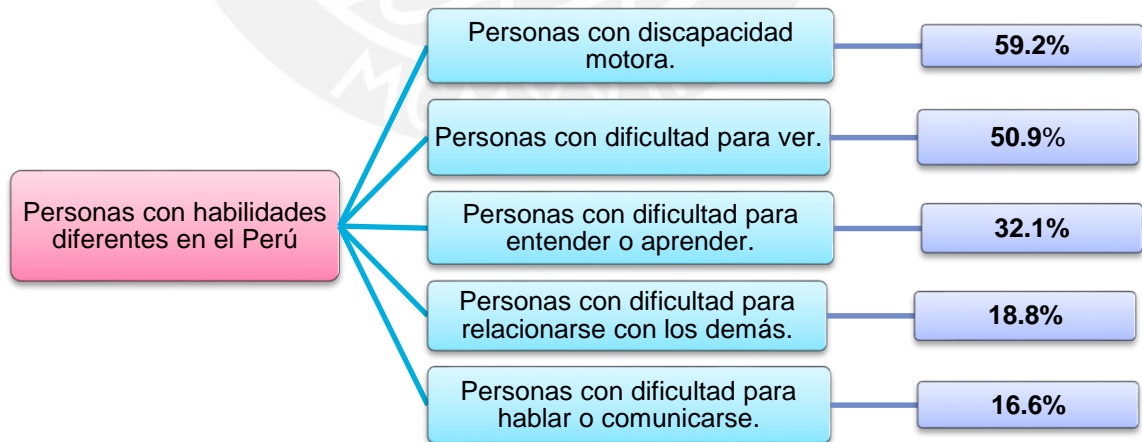


Figura 12. Personas con habilidades diferentes en el Perú.

Fuente: Adaptado de INEI (2013).

Asimismo, según cifras del INEI (2013) la mayoría de los peruanos que cuentan con alguna deficiencia presentan más de una limitación (61.4%), como se puede ver en el siguiente gráfico:

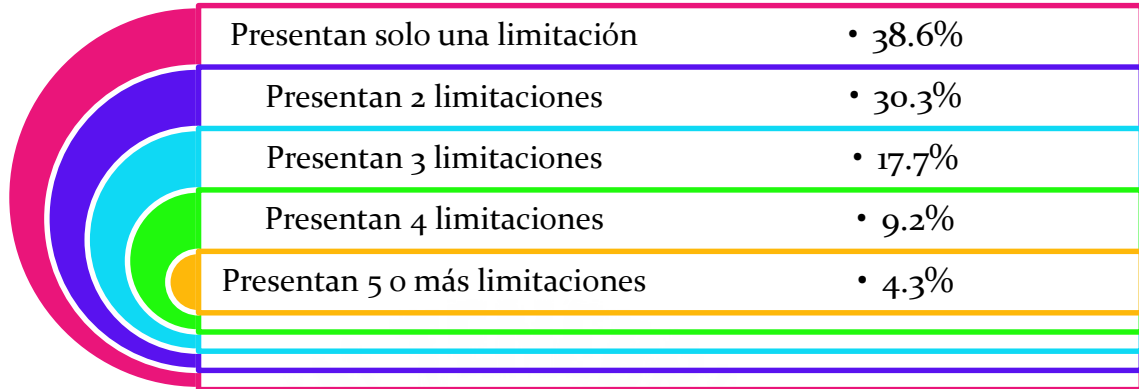


Figura 13. Personas con una o más limitaciones.

Fuente: Adaptado de INEI (2013).

Otro resultado importante del censo realizado por el INEI (2013) sobre los lugares en los cuales las personas con habilidades diferentes tienen mayor dificultad para desplazarse y/o ingresar indica que el 23% de estas personas las encuentra en los paraderos y 18.6% en terminales y estaciones. Estos altos porcentajes indican que la opinión y necesidades de este grupo de ciudadanos no han sido incluidas en los diseños de paraderos, avenidas, terminales, estaciones, etc. En la siguiente tabla se mencionan algunas de las necesidades de diseño que este grupo de peatones requiere.

Tabla 7. Necesidades de diseño para los peatones con habilidades diferentes.

Fuente: FHWA (2006).

Usuarios en silla de ruedas	Amplios espacios para el manipuleo de la silla de ruedas.
	Superficies lisas con poca pendiente.
	Estructuras firmes como rampas que permitan una transición suave del cambio de nivel.
Usuarios con andadores	Recorrido sin gradas ni grietas que dificulten el uso del andador.
	Mayores espacios de tiempo para el cruce de peatones en las intersecciones y espacios anchos para que otras personas puedan utilizar la vía alrededor de ellos.
	Evitar cambios bruscos de pendiente que puedan causar tropezos.
Usuarios con prótesis	Tiempos de sincronización mayores para el cruce de peatones.
	Se prefiere el uso de pendientes en vez de gradas.
Personas con dificultades visuales	Señales visuales, superficies táctiles y señales con sonido que brinden información sobre el tráfico y permitan que las vías sean más accesibles.
Personas con dificultades al escuchar	Áreas amplias libres de obstrucciones visuales.
Personas con dificultades para aprender	Señales que utilicen imágenes, símbolos universales y colores en vez de palabras para transmitir el mismo mensaje.

2.2.3. Comportamiento de peatones en rotondas

Para el análisis de la dinámica de funcionamiento de una rotonda es necesario realizar la observación de los fenómenos que ocurren y las dificultades que enfrentan los usuarios de dicha intersección. El reporte presentado por la NCHRP titulado “*Roundabouts in the United States*” utilizó esta herramienta como parte de su investigación para comprender el desenvolvimiento de peatones en este tipo de intersección. En total se analizó el comportamiento de

769 peatones en 10 cruces distribuidos en siete rotondas y los resultados obtenidos se clasificaron según si el peatón inicia su desplazamiento por el lado de ingreso (Entry side) o por el lado de salida (Exit side), como se ve en la figura 14; asimismo, se consideró el comportamiento si los accesos son de dos carriles (2-lane) o de un solo carril (1-lane).

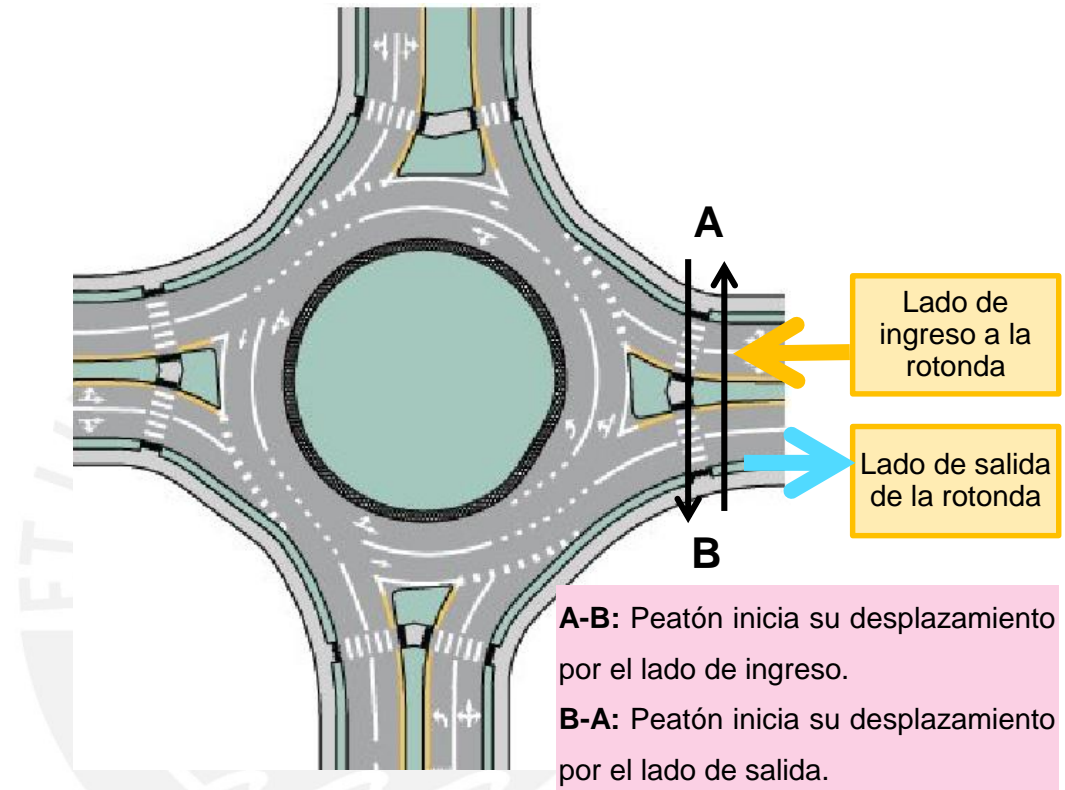


Figura 14. Lado de ingreso y salida de una rotonda.

Fuente: Adaptado de Roundabouts- FHWA (2010).

Una de las secciones incluye el comportamiento de los peatones al momento de realizar el cruce y lo categoriza como **normal** si el peatón se desplaza por la intersección con normalidad, **titubeo** si el comportamiento que asume el peatón debido a la proximidad del vehículo es vacilante (la mayoría de veces los peatones tienen esta reacción porque hay un contacto visual con el conductor). Además, muchos peatones **retornan a la vereda** o isla separadora debido a que el vehículo se encuentra muy próximo a ellos o la velocidad con la que se acerca es alta y por último un grupo de peatones decide **correr** a la vereda, isla, refugio o mediana.

Los datos recolectados se organizaron de la siguiente manera:

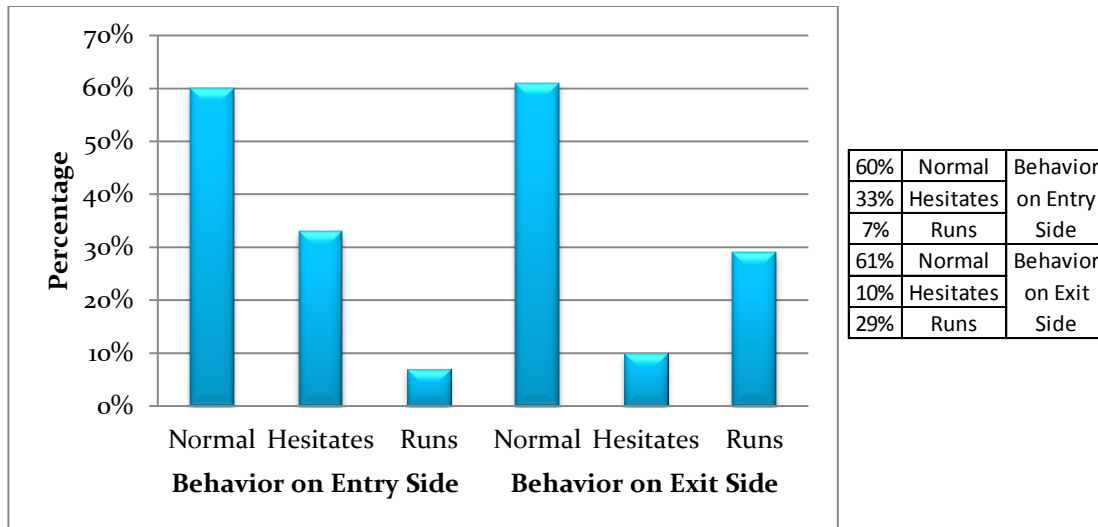
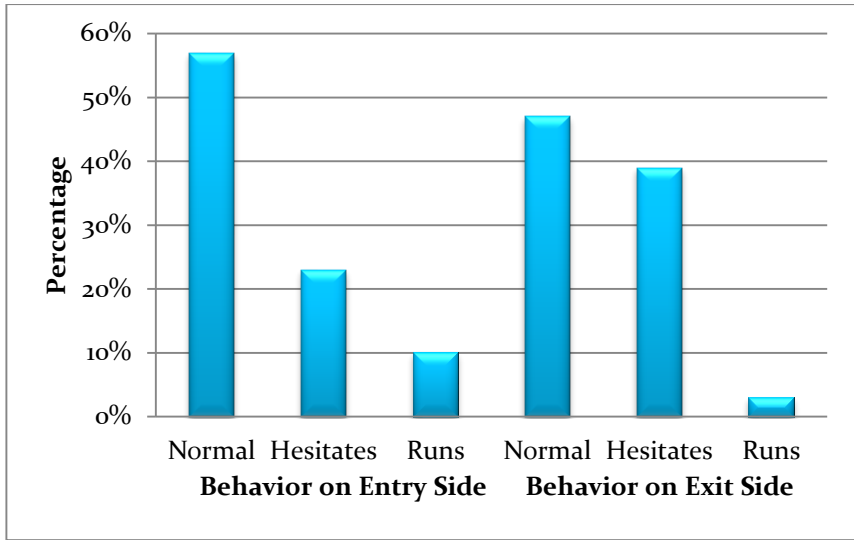


Figura 15. Comportamiento de peatones con presencia de vehículos que inicia en cruce por la línea de ingreso a la rotonda.

Fuente: Adaptado de NCHRP (2007).

En la figura 15 se observa que aproximadamente el 60% de los cruces fueron normales considerando los comportamientos en el lado de salida e ingreso a la rotonda. El comportamiento predominante no-normal en el lado de ingreso a la rotonda fue el del “titubeo” con un 33%. En el lado de salida, el número de peatones que titubea fue mucho menor, un valor del 10%.

Otro comportamiento observado fue el de los peatones que corren, se puede ver que la cantidad de peatones que corren es mucho mayor en el lado de salida que en el de ingreso, asumiendo valores del 29% y 7% respectivamente.



57%	Normal	Behavior
23%	Hesitates	on Entry
10%	Runs	Side
47%	Normal	Behavior
39%	Hesitates	on Exit
3%	Runs	Side

Figura 16. Comportamiento de peatones con presencia de vehículos y que inician en cruce por la línea de salida de la rotonda.

Fuente: Adaptado de NCHRP (2007).

En la figura 16, se aprecia que el porcentaje de peatones que cruza la intersección con un comportamiento “normal” es menor cuando el peatón se desplaza por el lado de salida que cuando se desplaza por el lado de ingreso. Similar al comportamiento de peatones que inician el cruce por el lado de ingreso, se observó un comportamiento no-normal predominante de “titubeo” por el lado en el cual el peatón inicia el cruce, 39% titubea en el lado de salida de la rotonda. Además, también predomina el titubeo cuando los peatones se desplazan por el lado de ingreso de la rotonda (23%). Finalmente, como observación general respecto al “correr”, en ambos gráficos se puede observar que los peatones corren más en la segunda etapa del cruce, sin importar por donde se inicie el desplazamiento (lado de ingreso o de salida de la rotonda).

Por otro lado, se pudo obtener como data los porcentajes de los peatones que realizaron el cruce respetando los límites del cruceo peatonal y de los que cruzaron fuera de él (Figura 17).

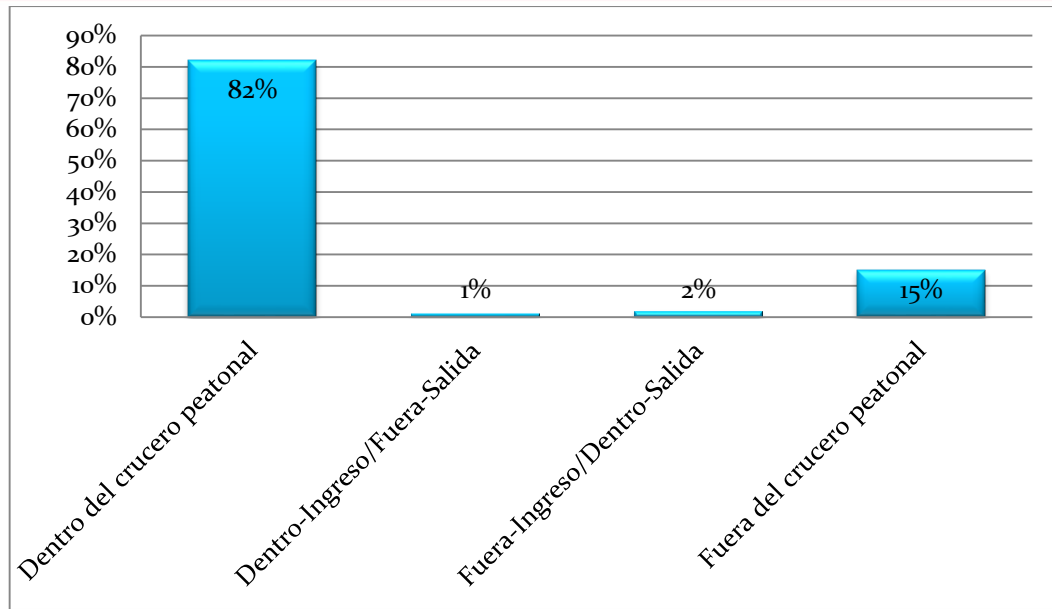


Figura 17. Comportamiento de peatones relacionado con el uso del cruceo peatonal cuando realizan el cruce de la intersección.

Fuente: Adaptado de NCHRP (2007).

Se evalúa que la mayoría de peatones realiza el cruce de la intersección dentro de los límites del cruceo peatonal; sin embargo, hay un porcentaje considerable que no lo utiliza en lo absoluto (15%). Adicionalmente, un 8% y 9% de este tipo de cruces involucran a peatones que corren cuando inician el cruce por el lado de ingreso y salida, respectivamente (NCHRP,2007)

2.3. Diseño universal

Para evaluar la calidad de una glorieta, es necesario analizar también si cumple con los requerimientos para ser utilizada por todas las personas, incluyendo a los usuarios con capacidades reducidas. Por ello, se analizarán los principios de universalidad diferenciándolos de los de accesibilidad

Según el BID (2004), la accesibilidad se define como el conjunto de condiciones que cumple el ambiente, objeto o instrumento a implementar para que pueda ser utilizado por todas las personas de la manera más equitativa, cómoda y autónoma posible; y define al diseño universal como los espacios y productos que puedan ser utilizados por todas las personas de forma segura y

de la manera más equitativa, cómoda y autónoma posible, sin necesidad de ser adaptados mediante diseños específicos. Ésta última característica que se añade a la definición de diseño universal es la que hace meditar a muchos diseñadores respecto a cuáles son los criterios que se deben aplicar y por lo cual se debe hacer hincapié a este nuevo concepto.

Otro concepto de diseño universal o diseño para todos es la estrategia que tiene como objetivo diseñar productos y servicios que pueden ser utilizados por el mayor número de personas, considerando que existe una amplia variedad de habilidades humanas y no una habilidad media, sin necesidad de llevar a cabo una adaptación o diseño especializado, simplificando la vida de todas las personas sin importar su edad, talla o capacidad como lo indica Ekberg (2000).

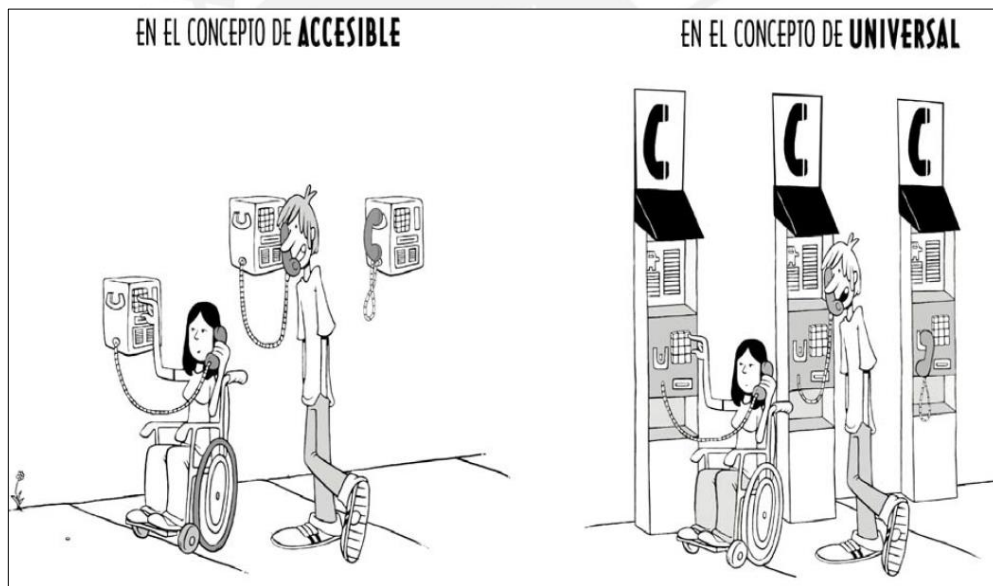


Figura 18. Diferencias entre diseños accesibles y universales.

Fuente: BID (2004).

Según el CUD de la Universidad de Carolina de Norte (2008), el diseño universal debe seguir siete principios básicos que se indican a continuación:



Figura 19. Diseño universal.

Fuente: Adaptado de CDU Universidad de Carolina del Norte (2008).

El primer principio de universalidad hace referencia al **uso equitativo** de los servicios; eso quiere decir, que el diseño debe ser útil y adecuado para personas con diversas capacidades. Los modos de uso deben ser idénticos y equivalentes cuando no sea posible la primera alternativa. Asimismo, se debe evitar segregar a cualquier usuario y brindar seguridad, privacidad y protección a todos por igual.

Otro punto importante, es que los servicios prestados y el diseño deben ser **flexibles al momento de ser utilizados**. De esta forma se puede asegurar que los sistemas se adaptarán a las necesidades, ritmos y pasos de todos los usuarios. Asimismo al brindar flexibilidad, se garantiza un diseño basado en la diversidad de usuarios y no de usuarios “tipo”.

Por otro lado, los sistemas deben ser de fácil comprensión, sin importar la experiencia, habilidades en el lenguaje, nivel de conocimientos o el nivel de

concentración de los usuarios. Para la realización del diseño se debe tener en cuenta las expectativas e intuición del usuario y evitar incluir operaciones complicadas que dificulten su entendimiento, estas características hacen referencia al tercer principio de universalidad: **uso simple e intuitivo**.

La comunicación es importante para todas las personas y poder comprender algo de muchas maneras sin importar las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del usuario es algo imprescindible en cualquier tipo de diseño. Para que se **brinde la información de manera eficaz y perceptible** a todos los usuarios es necesario utilizar diferentes modos de presentación de información y realizar contrastes entre la información esencial y adicional, entre otras acciones.

Un quinto principio hace referencia a la **tolerancia al error**, eso quiere decir que el diseño debe minimizar los peligros y consecuencias adversas ante acciones accidentales o inintencionadas. Para ello, los elementos peligrosos deben ser eliminados y se debe disponer de otros que minimicen los errores y peligros. Asimismo, al diseñar se debe considerar que si las personas utilizan el sistema para un fin no previsto, no debe causar consecuencias graves.

El esfuerzo que las personas pueden realizar para utilizar el dispositivo es muy variado, por lo que al diseñar se debe plantear soluciones que requieran un **esfuerzo físico bajo**. Esto quiere decir, que el sistema debe permitir mantener una posición neutral del cuerpo y utilizar fuerzas de accionamiento razonables.

Por último, el séptimo principio hace referencia al **tamaño y espacios apropiados** para el acceso, alcance y manipulación del sistema, sin importar el tamaño del cuerpo, la postura o la movilidad del usuario. Para ello el diseño debe contener un espacio adecuado para dispositivos de ayuda o asistencia personal. Asimismo, el diseño debe proporcionar una línea de visión de elementos importantes para cualquier usuario sentado o de pie y permitir un alcance cómodo a todos los componentes a cualquier usuario.

2.3.1. Elementos de diseño

Según la OMS (2013b), está claramente probado que el caminar es beneficioso para la salud y el medio ambiente, ya que una mayor actividad física puede reducir la incidencia de enfermedades cardiovasculares o relacionadas con la obesidad. Además, los elementos de diseño enfocados en los peatones, como son las veredas y los crucesos peatonales, mejoran la conectividad de la ciudad por ello se analizarán las características con que deben contar estos dos elementos para cumplir con las condiciones de accesibilidad.

- **Veredas**

Según recomendaciones de FHWA (2006) el ancho mínimo requerido para el diseño de una vereda es de 1.20m (Fig. 14), pues permite el paso de un usuario con silla de ruedas y otro usuario que camina al costado; sin embargo, se aclara que si en la zona hay un alto volumen de peatones con habilidades diferentes, 1.20m no será suficiente para que dos sillas de ruedas puedan desplazarse con facilidad por lo que recomiendan el ancho mínimo de 1.5m (Fig. 15).

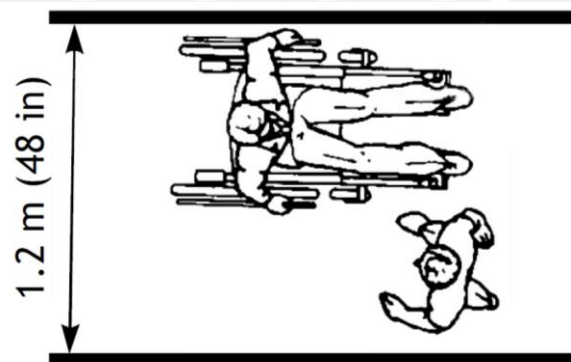


Figura 20. Ancho requerido para un peatón en silla de ruedas y un peatón caminando.

Fuente: FHWA (2006).

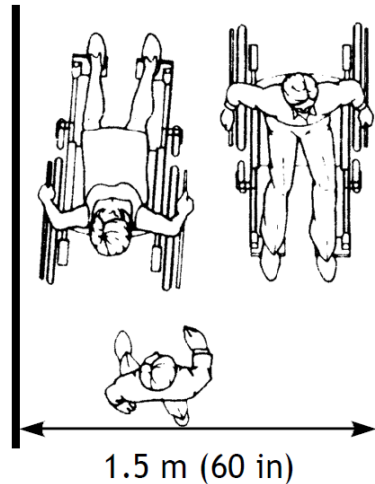


Figura 21. Ancho requerido para dos peatones en silla de ruedas.

Fuente: FHWA (2006).

Por otro lado, esta institución también sugiere una pendiente transversal del 2% para un correcto drenado de agua y una pendiente longitudinal del 5% para mantener las condiciones de accesibilidad.

También de acuerdo a NACTO (2011), se distinguen cuatro áreas dentro de estos elementos (Figura 22), en la cual el área con el número uno es la extensión de los edificios llamada zona de fachada y puede ser ocupada por entradas, puertas o cafés al aire libre. El área con el número dos es el ancho efectivo de la acera que debe ser paralelo a la calle y libre de todo tipo de obstrucciones, es una zona segura en la que los peatones cuentan con un espacio adecuado para caminar de 1.5m aproximadamente. La zona destinada a colocar el mobiliario urbano como postes, basureros, puestos de periódicos, árboles, etc., es la zona con el número 3 y el área adicional (número 4) es la llamada zona tope y consiste en un área paralela a la acera destinada al parqueo, ciclovías, estaciones de parqueo de bicicletas, etc.

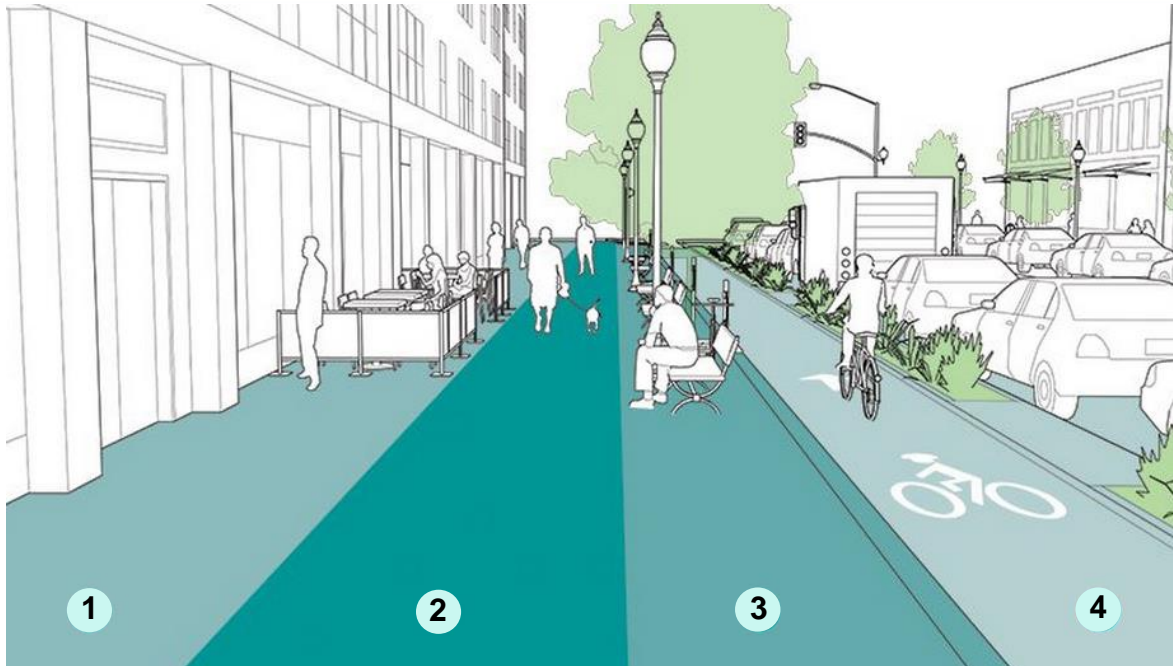


Figura 22. Veredas.

Fuente: NACTO (2011).

- **Cruceros peatonales**

Según el Maryland Department of Transportation (2010) un cruceo peatonal “es una parte de la calzada que se encuentra dentro de la prolongación de las aceras, medidas desde los bordes de la calzada y están claramente indicados para el paso de peatones por unas líneas u otras marcas”.

De acuerdo al FHWA (2006), el cruceo peatonal crea expectativas en los conductores de que un peatón puede hacer uso del cruce, por lo que los pone alerta. Además, también permite controlar los flujos peatonales, convirtiéndolos así en movimientos predecibles.

En cuanto a los cruceros peatonales de las rotondas, en el MUTCD (2009) de FHWA se indica que las marcas de los cruceros peatonales no deben dirigirse a la isla central y por el contrario debe ubicarse a un mínimo de distancia de 20 pies (6.1m) del borde de la calzada circular.

Las dimensiones y anchos de los crucesos peatonales en el Perú están definidos por el Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras del MTC (2000), en el cual se indica que el ancho del cruceo peatonal debe ser como mínimo 3.00m y como máximo 8.00m. También hace hincapié en la distancia de 1.50m que debe tener como mínimo desde el cruceo hasta el borde de la intersección próxima.

2.3.2. Listas de chequeo

Según Dextre (2008) las listas de chequeo son una herramienta que permite al equipo de especialistas en auditoría e inspección de seguridad vial revisar un proyecto desde el punto de vista de seguridad de manera ordenada y sistemática sin importar la etapa en la que se encuentre el proyecto. Adicionalmente, en Road Safety Audit Guidelines FHWA (2006) se añade que las listas de chequeo se utilizan también para identificar las características importantes de diseño y mejorar los futuros proyectos.

Se distinguen cuatro etapas de aplicación de las listas de chequeo que son las siguientes: Planificación, diseño, construcción y post-construcción. Para el óvalo en análisis se utilizará el último que hace referencia a la evaluación de la seguridad de un proyecto terminado, recurriendo, de ser posible, a datos estadísticos de accidentes de tráfico en el área de evaluación.

A continuación, se muestran dos listas de chequeo que se utilizan dependiendo del área en evaluación, es decir, si es una avenida se utilizará la lista de chequeo de entorno y si es una intersección se utilizará la lista de chequeo del mismo nombre.

Tabla 8. Lista de chequeo para evaluación del entorno y de una intersección.

Fuente: Dextre et.al. (2008).

	Chequeo maestro	Chequeo detallado	
Entorno	A.1. Presencia, diseño y colocación	A.1.1	¿Hay caminos provistos en la calle?
		A.1.2	¿Hay caminos proporcionados en ambos lados de la calle?
		A.1.3	¿El ancho de los caminos es adecuado para los volúmenes peatonales?
		A.1.4	¿Existe una distancia adecuada entre el tráfico vehicular y los peatones?
		A.1.5	¿Son los caminos y límites de las calles apropiados y detectables por personas con deficiencias visuales?
		A.1.6	¿Existen rampas u otros elementos proporcionados como alternativa a las escaleras?
	A.2. Calidad, condición y obstrucciones	A.2.1	¿Está el camino libre de obstrucciones provisionales o permanentes?
		A.2.2	¿Es la superficie del camino muy empinada?
		A.2.3	¿Está la superficie del camino bien mantenida y adecuada?
	A.3. Continuidad y conectividad	A.3.1	¿Son los caminos continuos en ambos lados de la calle?
		A.3.2	¿Existen medidas necesarias para dirigir a los peatones a los cruces seguros y caminos de acceso?
	A.4. Iluminación	A.4.1	¿Está la acera adecuadamente iluminada?
		A.4.2	¿La iluminación mejora la visibilidad de los peatones durante la noche?
	A.5. Visibilidad	A.5.1	¿Es la visibilidad de los peatones caminando en la vereda adecuada?
	A.6. Características del tráfico	A.6.1	¿Existen conflictos entre los peatones y ciclistas en los caminos?
	A.7. Señales y marcas en el pavimento	A.7.1	¿Las zonas viales peatonales están claramente separadas del tráfico mediante el uso de rayas, pavimentos texturalizados, coloreados, señalización u otros métodos?
		A.7.2	¿Es la visibilidad de las señales y marcas en el pavimento adecuadas durante el día y la noche?

Intersección	B.1. Presencia, diseño y colocación	B.1.1	¿Están los cruces peatonales localizados en áreas donde la distancia de visibilidad puede ser un problema?
		B.1.2	¿Las islas o refugios proveen a los peatones una zona segura de espera para los peatones?
		B.1.3	¿Son los cruces supervisados adecuadamente y proveídos de personal profesional que ayude a cruzar a los peatones?
		B.1.3	¿Los cruces marcados son lo suficientemente anchos?
		B.1.4	¿Los cruces peatonales está situados a lo largo de las rutas deseadas?
	B.2. Calidad, condición y obstrucciones	B.2.1	¿Es la superficie del cruce adecuada y este bien mantenido?
		B.2.2	¿Está el pavimento del cruce al mismo nivel que el de la calzada?
		B.2.3	¿Está el cruce libre de obstrucciones permanentes o provisionales?
		B.2.4	¿Está la superficie del cruce demasiado empinada?
	B.3. Continuidad y conectividad	B.3.1	¿Continúa la conectividad de la red de los peatones a través del cruce mediante medidas adecuadas como: áreas de espera en las esquinas, rampas de bordillos y cruces demarcados?
		B.3.2	¿Son los peatones claramente dirigidos a los cruces y rutas de acceso para peatones?
	B.4. Iluminación	B.4.1	¿Está el cruce claramente iluminado?
	B.5. Visibilidad	B.5.1	¿Los peatones pueden ver a los vehículos acercándose en todos los accesos de la intersección/cruce y viceversa?
		B.5.2	¿La distancia desde la línea de parada (o ceda el paso) hasta el cruce es suficiente para que los conductores puedan ver a los peatones?
		B.5.3	¿Existen condiciones donde los vehículos detenidos puedan obstruir la visibilidad a los peatones?
	B.6. Manejo de accesos	B.6.1	¿Las entradas de los coches están ubicadas cerca a los cruces?
	B.7. Características del tráfico	B.7.1	¿Los vehículos que giran ponen en riesgo a los peatones?

		B.7.2	¿Hay brechas suficientes entre los vehículos para permitir a los peatones cruzar la calle?
		B.7.3	¿Las operaciones de tráfico (especialmente en horas pico) crean una preocupación por la seguridad peatonal?
		B.8.1	¿La pintura de las líneas de parada y cruceros está gastada, o las señales están gastadas, faltantes o dañadas?
	B.8. Señales y marcas en el pavimento	B.8.2	¿Están los cruceros peatonales correctamente señalados y/o marcados?
		B.9.1	¿Hay semáforos para peatones y son adecuados?
	B.9.Semáforos	B.9.2	¿Están regulados para que el tiempo de espera y tiempo de cruce sean adecuados?
		B.9.3	¿Funcionan todas las señales para peatones de forma correcta y segura?

2.4. Accidentes de tránsito

Accidente de tráfico se define a *“todo aquel hecho producido sobre la vía pública que ocasiona daños a las cosas o lesiones a las personas y en el que, al menos, ha habido un vehículo en movimiento”* (Dextre 2008). También es definido como un *“suceso o serie de sucesos que cabe someter a un análisis racional y a la aplicación de medidas correctivas, con el objetivo de romper con la creencia generalizada de que son inevitables e impredecibles, es decir, sucesos imposibles de controlar”* (OMS 2004).

2.4.1. Tipos de accidentes de tránsito

En la figura a continuación se pueden ver las clases de los accidentes de tránsito y la descripción de cada una.

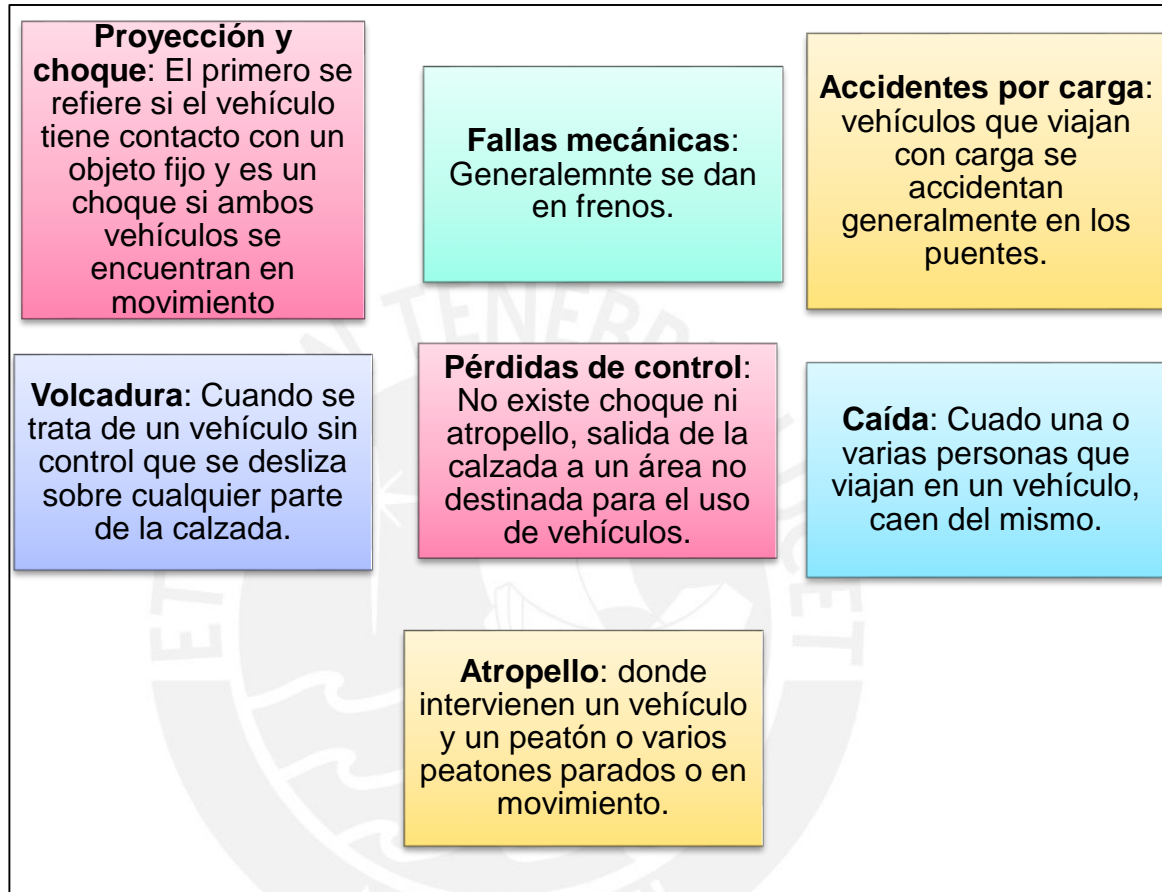


Figura 23. Tipos de accidentes de tránsito.

Fuente: Adaptado de Dextre 2001.

2.4.2. Accidentes de tránsito en Lima Metropolitana

Según información recolectada por la Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad Metropolitana de Lima durante los años 2010 y 2013 la cantidad de accidentes de transporte que ocurrieron en cada día de la semana fueron muy altas (figura 24); se puede ver que los días sábados y lunes ocurren la mayor cantidad de accidentes (8734 y 8658 respectivamente) y en los días

domingos y martes ocurren la menor cantidad de accidentes (7963 y 8145 respectivamente).

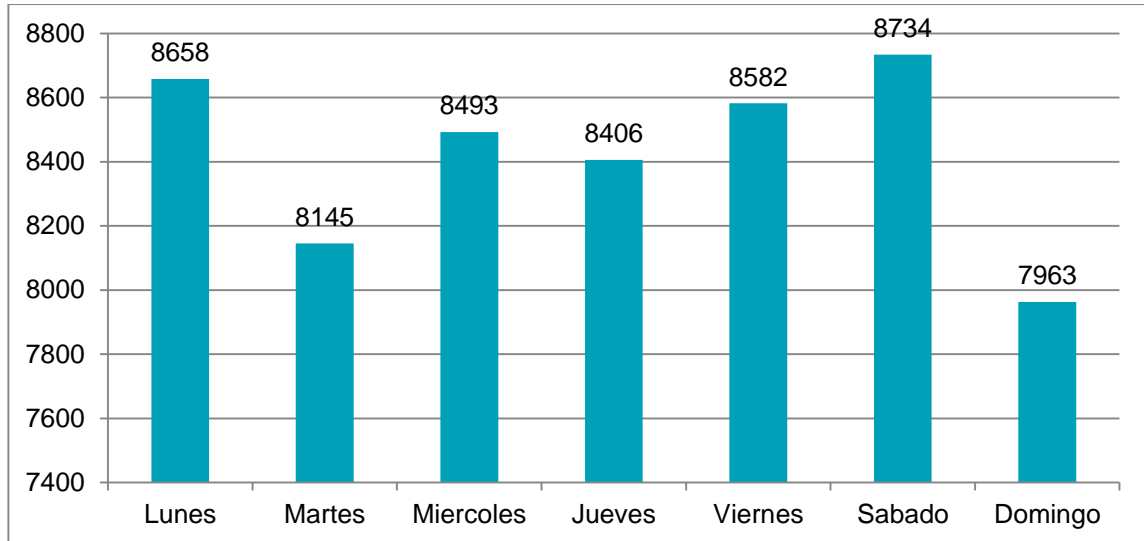


Figura 24. Cantidad de accidentes por día en Lima Metropolitana.

Fuente: Adaptado de información recolectada por la GTU (2010-2013).

En la figura 25 se observa que los automóviles son los vehículos que causan la mayor cantidad de accidentes (50%) y son seguidos por las camionetas que tiene un porcentaje del 16%, los ómnibus con un porcentaje de 11% y los mototaxis con un porcentaje de 8%.

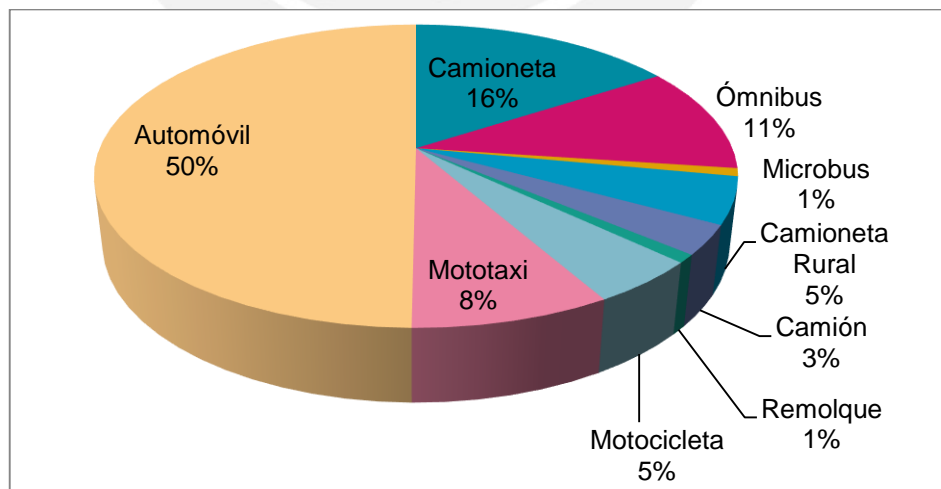


Figura 25. Cantidad de accidentes por tipo de vehículo.

Fuente: Adaptado de información recolectada por la GTU (2010-2013).

Se utilizaron los datos brindados por la GTU para comparar la clase de accidente de transporte de acuerdo al tipo de intersección como se aprecia en la imagen 26. En porcentajes, las diferencias no son sustanciales, solamente hay una diferencia de 7% menos de atropello en una rotonda cuando es comparada con una intersección en cruz y una diferencia de 5% respecto a la cantidad de choques entre una rotonda y una intersección en cruz.

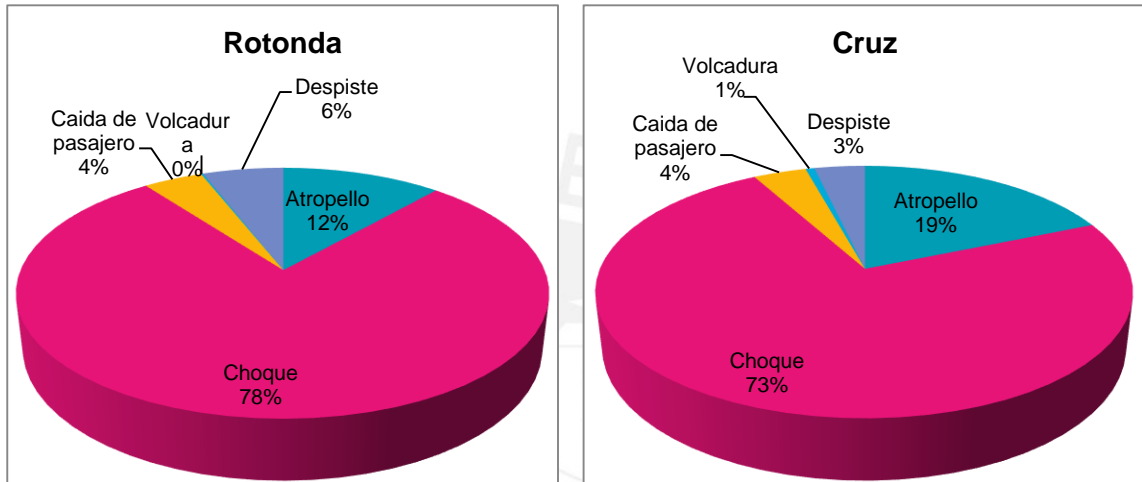


Figura 26. Comparación de tipo de accidentes de transporte entre una rotonda y una intersección en cruz.

Fuente: Adaptado de información recolectada por la GTU (2010-2013).

Además, se comparó la severidad de los accidentes de transporte entre una rotonda y una intersección en cruz. Los resultados parecen indicar que las rotondas brindan mejores condiciones de seguridad, por ejemplo se tiene un 19% más de ilesos en una rotonda que en una intersección en cruz y la cantidad de accidentes que son graves es un 8% menor.

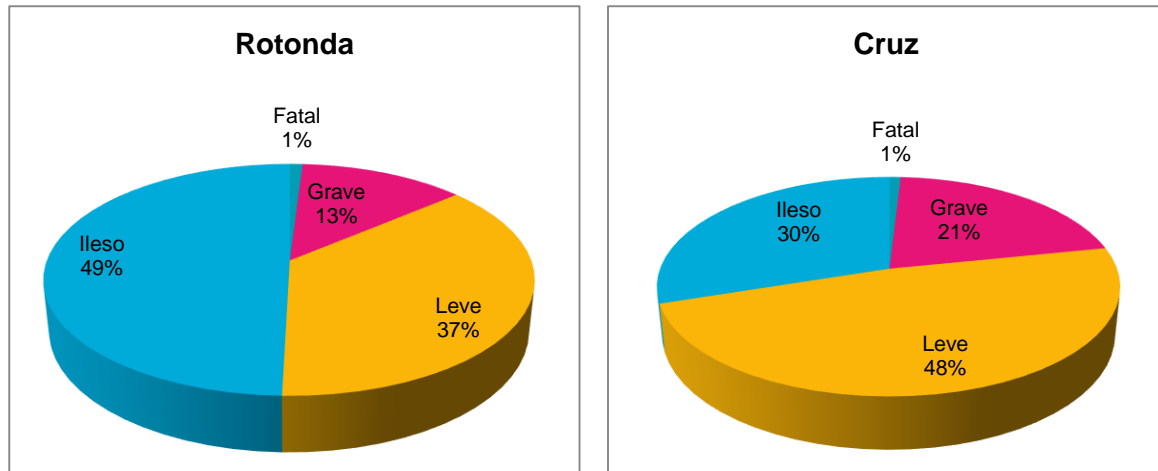


Figura 27. Comparación de severidad de accidentes de transporte entre una rotonda y una intersección en cruz.

Fuente: Adaptado de información recolectada por la GTU (2010-2013).

2.4.3. Tipos de seguridad vial

Para poder reducir la cantidad de víctimas en los accidentes de tránsito y dar tratamientos adecuados a la seguridad vial, es necesario estudiarla desde diferentes enfoques que muestren el problema real y ayuden al planteamiento de soluciones coherentes y eficaces. Por este motivo, de acuerdo a Hauer (1999), se distinguen tres tipos de seguridad vial: la seguridad nominal, sustantiva y la percepción de la seguridad.

La **seguridad nominal** hace referencia a la condición de seguridad existente en una vía según las normas, guías que rige la ciudad (Hauer 1999). En la ciudad de Lima las normas que contemplan la seguridad vial las rige el ministerio de salud, la superintendencia nacional de transporte terrestre de pasajeros, carga y mercancías (SUTRAN), el ministerio de transportes y comunicaciones, entre otros.

Las medidas de seguridad nominal se basan en comparar dimensiones de los elementos que componen las vías con los diseños establecidos. Se denominan “vías nominalmente seguras” a aquellas que cumplen con los criterios mínimos establecidos.

El segundo tipo de seguridad, la **seguridad sustantiva**, es la que se puede medir a través de la cantidad y gravedad de accidentes reales en base a datos estadísticos de accidentes ocurridos. Para evaluar la seguridad sustantiva se considera los siguientes tres componentes básicos: muertos, heridos y daños (Hauer 1999).

Según el documento N° 7 de la academia nacional de ingeniería de Buenos Aires (2013) existen tres medidas cualitativas para analizar la seguridad sustantiva. La primera es la frecuencia de choques con espacio y tiempo delimitado; la segunda es el tipo de choque, que puede ser cuando el vehículo sale de la calzada o atropella a un peatón, etc. Y por último, la tercera es la gravedad del choque, esta debe incluir información de las lesiones, daños materiales, muertes, etc.

Existe una gran paradoja al comparar el desempeño de la seguridad nominal con la seguridad sustantiva; es decir, pueden existir zonas o intersecciones que sean nominalmente seguras (cumplan con las especificaciones de diseño de acuerdo a las normas) pero que no sean sustantivamente seguras. Así como también zonas que no sean nominalmente seguras pero tengan un nivel elevado de seguridad sustantiva (Academia nacional de ingeniería de Buenos Aires 2013). Esta relación se aprecia en la imagen a continuación:

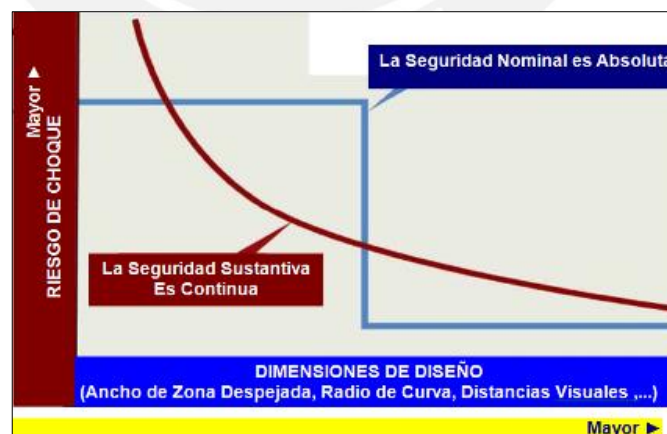


Figura 28. Desempeño de la seguridad nominal y sustantiva.

Fuente: Documento N°7 Academia Nacional de Ingeniería- -Buenos Aires 2013.

Por último el tercer tipo de seguridad según Hauer (1999) es el **de percepción de la seguridad** o el sentido de seguridad y para comprenderlo de mejor manera se utilizará el siguiente gráfico:

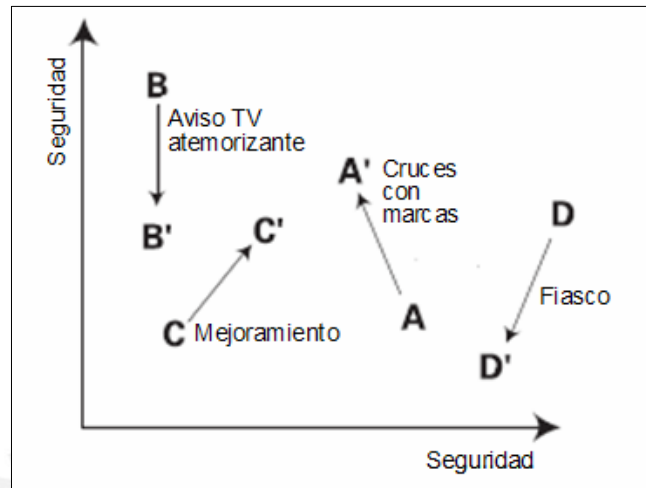


Figura 29. Percepción de la seguridad.

Fuente: Hauer 1997.

En la figura anterior, las ordenadas son el grado de seguridad sentida por los peatones o percepción de la seguridad y las abscisas son la seguridad sustantiva.

Por ejemplo, la recta A-A' implica una situación en la que se implementan señalizaciones horizontales en una vía, como pueden ser los cruces con marcas bien nítidas, esto permite que los peatones tengan una alta percepción de seguridad y se sientan en menos peligro; sin embargo, la seguridad sustantiva disminuye y el riesgo a ser atropellados aumenta (Academia nacional de ingeniería de Buenos Aires 2013). Un claro ejemplo también se aprecia como resultado de un análisis exhaustivo de los accidentes de tránsito en la ciudad de Lima que señala como una de sus conclusiones que la señalización no está asociado a un bajo riesgo de atropellos y accidentes de tránsito; muy al contrario, está asociado con un alto riesgo de atropellos comparado con las intersecciones que no cuentan con señalizaciones. (Quistberg et. Al 2014)

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

La realización de la tesis se inició con la consulta bibliográfica de textos e información académica que permitió construir el marco teórico y aclarar conceptos que fueron utilizados y evaluados en este proyecto. Posteriormente, se realizaron las mediciones de anchos y largos de cruces peatonales, distancias a paraderos, longitudes de medianas y carriles, etc.

Para el análisis de la geometría y las características de funcionamiento del óvalo se emplearon listas de chequeo elaboradas en base a la mostrada en el capítulo II. Gracias a esta herramienta se pudo identificar los problemas que impiden un desplazamiento seguro de peatones

Una vez analizada la información anterior, se inició la evaluación de las características de desplazamiento de los vehículos para obtener los valores de las velocidades con las que transitan. Posteriormente, se identificaron las características del desplazamiento de los peatones, la cual se realizó mediante observación directa y la ayuda de cámaras filmadoras y fotográficas. Con estas herramientas se pudo determinar las líneas de deseo de los peatones considerando el punto de partida, los tiempos de espera en la primera y segunda etapa del cruce, las velocidades, el comportamiento asumido por el peatón, entre otros. Los datos obtenidos fueron clasificados de acuerdo al género y la edad.

Por último, se procedió a aplicar las encuestas a los peatones que realizaron el cruce para saber su opinión al respecto y encontrar otros factores que perjudican su desplazamiento y no pudieron ser percibidos mediante la observación directa o listas de chequeo.

Tanto las encuestas como la observación directa se realizaron entre las 7 y 9 de la mañana de los días martes y jueves debido a que se consideró que a esta hora hay mayor presencia de peatones que se dirigen a su centro de labor o estudio y las condiciones de desplazamiento son más críticas. Se evaluó la posibilidad de realizar las observaciones a otras horas del día; sin embargo,

durante el resto del día los desplazamientos de los peatones se ven afectados por cobradores del transporte público que intentan controlar los cruces peatonales para obtener más pasajeros (Figura 28).



Figura 30. Trabajador de empresas de transporte público controlando el cruce.

Fuente: Propia.

3.1. Evaluación de la velocidad de vehículos

Para poder tener una idea de cuál es el comportamiento de los vehículos en el óvalo Angélica Gamarra, se midieron con ayuda del Google Earth las distancias señaladas en la figura 31 y el día jueves 23 de abril a las 7:10 am se calcularon los tiempos de desplazamiento de los vehículos. Para obtener un tamaño muestral adecuado se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$n = \left(Z * \frac{\delta}{e} \right)^2$$

Para obtener el tamaño de la muestra (n) con un valor de confianza del 95% se utilizó un valor de Z correspondiente a la distribución de Gauss igual a 1.96. Además, se asumió un margen de 1 km/h y una desviación estándar de 3 km/h. Con estos valores se obtuvo un tamaño muestral de 35 unidades como mínimo; por lo cual, se midió la velocidad de 50 vehículos en los carriles de ingreso y 58 vehículos en los carriles de salida de la rotonda que se muestran en el anexo 1.

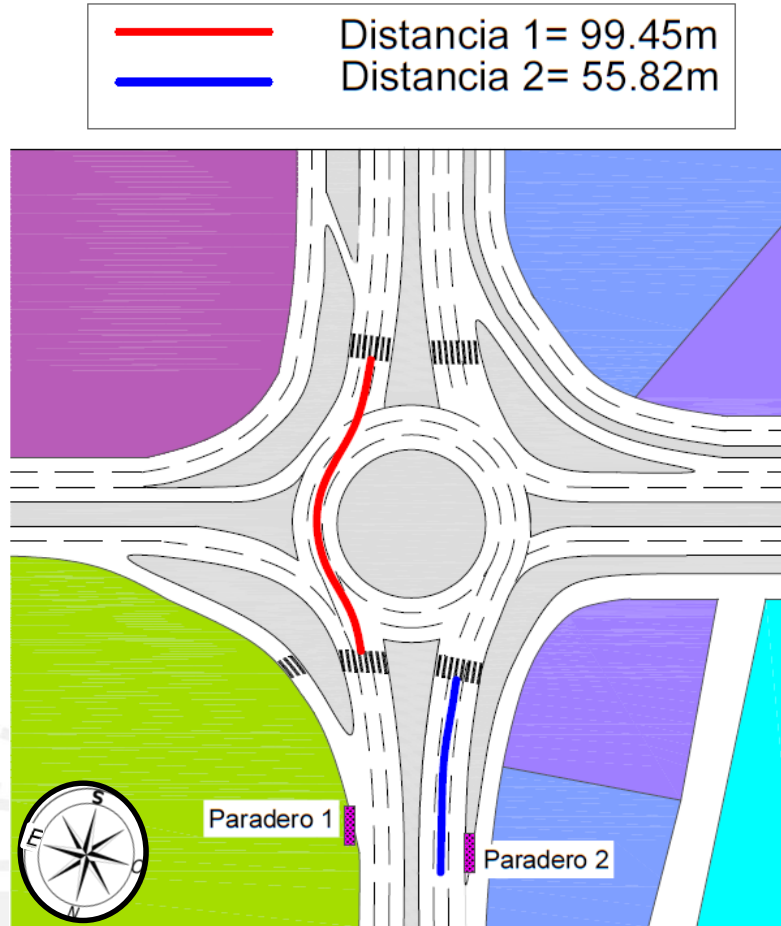


Figura 31. Distancias para hallar velocidades de vehículos.

Fuente: Propia.

3.2. Evaluación del comportamiento de peatones

Para la evaluación del comportamiento de los peatones se utilizaron dos principales herramientas: la observación directa y las encuestas. Éstas se aplicaron en el orden mencionado y a la misma hora en que se realizó la medición de velocidades de los vehículos.

3.2.1. Observación directa

- **Velocidades de desplazamiento**

Se visitó el óvalo Angélica Gamarra el día martes 21 de abril a las 7:30 am para realizar la toma de velocidades de desplazamiento de los peatones. Primero, se midieron las distancias mostradas en la figura 32 como son los anchos de los carriles de ingreso (distancia 1), el largo de la mediana (distancia 2) y los anchos de los carriles de salida (distancia 3). Luego, se registró el tiempo de 50 desplazamientos peatonales para calcular las velocidades en las tres secciones anteriores (Anexo2) y finalmente se procesaron los datos e interpretaron los resultados obtenidos.

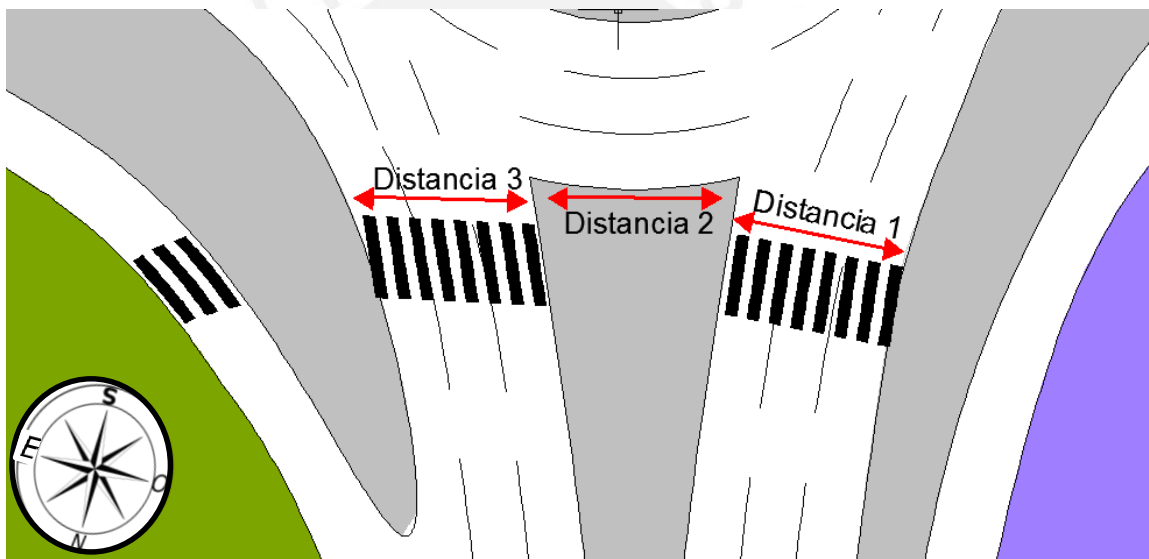


Figura 32. Tres secciones analizadas para medir la velocidad de los peatones.

Fuente: Propia.

- **Comportamiento de peatones**

Las filmaciones y observaciones fueron realizadas el día jueves 26 de marzo y el martes 14 de abril de 7:00 am a 7:40 am. El número de peatones a analizar se calculó con la siguiente fórmula que es aplicada cuando la población es desconocida o infinita.

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{i^2}$$

Para obtener el tamaño de la muestra (n) con un valor de confianza del 95% se utilizó un valor de Z correspondiente a la distribución de Gauss igual a 1.96, un valor de p y q igual a 0.5 y, por último, se previó un error del 10% por lo cual se reemplazó el valor de i con 0.1. Con estas restricciones, se obtuvo como tamaño muestral mínimo un valor de 96 mediciones

En total se observaron 181 peatones y se clasificaron, como se puede ver en el anexo 3, de acuerdo al género y grupo de edad al que pertenecen como puede ser niños solos, niños acompañados, jóvenes, adultos, adultos mayores y peatones con movilidad reducida (PMR).

En cuanto al comportamiento que los peatones describen al cruzar la intersección, se pudo observar cinco tipos de desplazamiento: el normal, el titubeo, el retorno a la vereda y el correr; además, también se registró si los peatones se detuvieron en algún carril de la vía mientras realizaban el cruce. Adicionalmente, se realizaron las mediciones de tiempos de espera (Figura 31) al inicio del cruce (desde el momento que el peatón llega a la vereda, hasta que inicia el cruce) y en la mediana (desde el momento en que el peatón termina de recorrer la mediana hasta el momento en el que parte a realizar la segunda etapa del cruce).

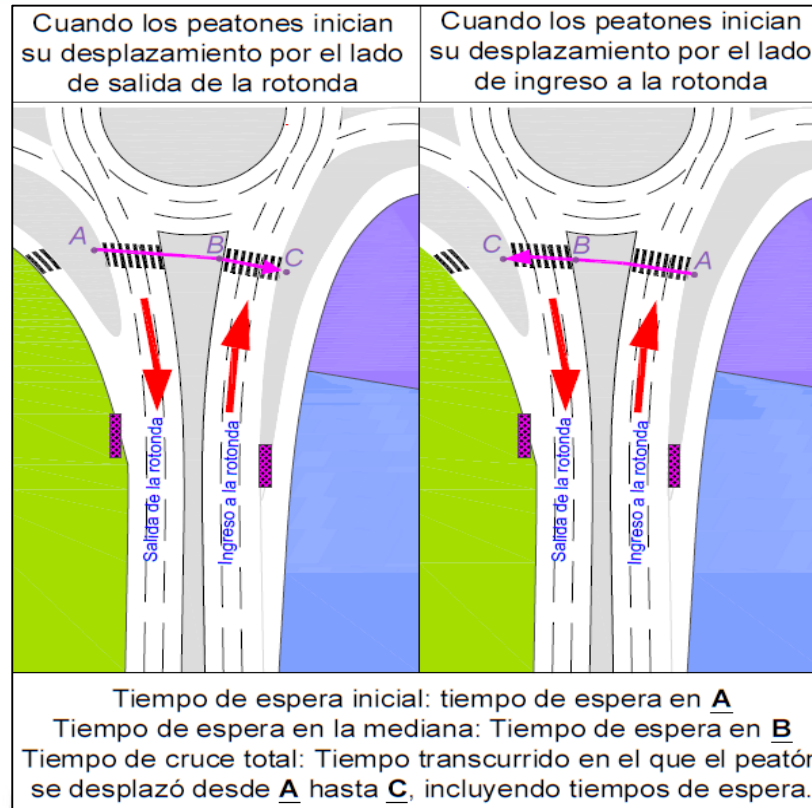


Figura 33. Puntos de medición de los tiempos de espera y desplazamiento.

Fuente: Propia.

3.2.2. Encuestas

Para evaluar el impacto de un producto o proyecto se debe conocer la opinión de los clientes y saber si éste satisface sus necesidades. Para ello, al evaluar el óvalo, una de las herramientas más importantes a utilizar son las encuestas, debido a que permitirá conocer la opinión de los usuarios.

Las encuestas se plantearon para ser designadas de forma probabilística, es decir, todos los individuos de la población podían formar parte de la muestra. Éstas se aplicaron los días 19, 21 y 26 de mayo a las 7 am para coincidir con las mismas condiciones de desplazamiento en las que se realizaron las observaciones. En total se realizaron 60 encuestas y se consideraron todas las edades y condiciones de los peatones para obtener una información general de cuánto les afectan las condiciones del óvalo al momento de cruzar. Las encuestas constaron de 20 preguntas cerradas y una pregunta abierta.

3.3. Área de estudio

El óvalo Angélica Gamarra-Panamericana Norte se encuentra en el límite de los distritos de Los Olivos e Independencia. Aproximadamente a 300 metros de distancia, hacia el sureste, se ubica el centro comercial “Plaza Norte” y 1 km hacia el noroeste se ubica el centro comercial “Megaplaza”. Asimismo, en el entorno hay presencia de centros de estudio universitario, técnico y escolar como se señala en la siguiente figura:



Figura 34. Entorno del área de estudio.

Fuente: Adaptado de Google Earth.

El óvalo en análisis consta de cuatro ramales con seis carriles cada una (tres carriles de ingreso y tres de salida de la rotonda) e islas divisorias que permiten canalizar de mejor manera a los vehículos y al mismo tiempo servir de refugio para los peatones; además existen tres carriles alrededor de la isla central. En

la figura 35 se muestran las características del entorno con los respectivos negocios, viviendas, institutos y empresas que rodean al óvalo Angélica Gamarra.



Figura 35. Área de estudio.

Fuente: Propia.

3.3.1. Características del óvalo y del ramal en evaluación

De acuerdo a las observaciones realizadas se pudo conocer que el mayor flujo peatonal se produce en el ramal seleccionado en la figura 35 debido a la cercanía de los paraderos y los centros de estudio se ubican en la dirección noroeste del óvalo.

En el ramal en evaluación se encuentra un semáforo de luz roja intermitente que, según el MTC (2000), indica a los conductores de los vehículos que deben hacer un alto obligatorio y detenerse antes de la raya de paso peatonal. Asimismo, cuenta con un cruceo peatonal y una mediana, ambos elevados al nivel de la vereda por lo que también cumple la función de un reductor de velocidad para los vehículos.

En la siguiente figura, se aprecia que uno de los paraderos para los vehículos de transporte público con dirección norte-sur (paradero 2) se ubica a aproximadamente 99.5 m del cruceo peatonal y el paradero con dirección sur-norte (paradero 1) se ubica a 72m. La cercanía de estos dos elementos hace más complejo el análisis y al mismo tiempo más dinámicas las características de desplazamiento de los peatones.

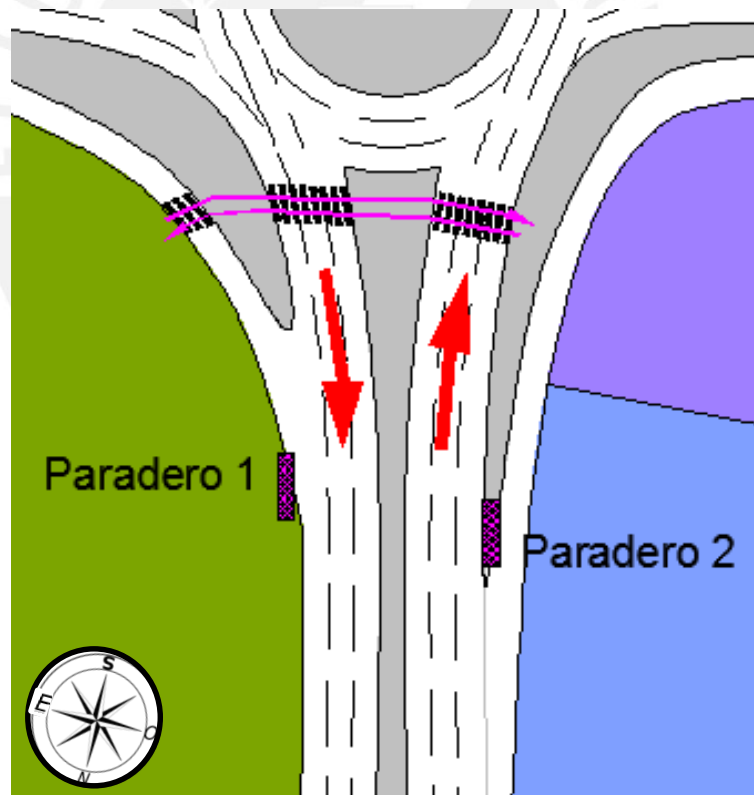


Figura 36. Cruceo peatonal en análisis.

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

Después de la recolección de información y toma de datos se continuó con el procesamiento de la información haciendo uso de la estadística descriptiva. A continuación, se mostrará la interpretación de los resultados obtenidos a partir de la metodología aplicada.

4.1. Evaluación del ramal seleccionado

De acuerdo a las listas de chequeo aplicadas, se pudo apreciar que hay ciertas condiciones del óvalo que cumplen con algunas de las condiciones de diseño universal y hay otras que no. Por ejemplo, todos los cruces peatonales de todos los accesos a la rotonda están elevados al nivel de la vereda, lo cual permite a todo tipo de usuarios, incluyendo a los peatones con movilidad reducida, a hacer uso del cruce peatonal sin mayor esfuerzo ni necesidad de utilizar rampas (figura 37). Sin embargo, los semáforos del óvalo no cumplen con las características necesarias para ser considerados dentro del diseño universal, debido a que, como se aprecia en la figura 38, solamente son de luz roja intermitente y no son sonoros, por lo que para las personas con limitaciones visuales no es nada útil. La lista de chequeo a detalle se encuentra adjunta en el anexo 5.



Figura 37. Cruce peatonal elevado al nivel de la vereda.

Fuente: Propia.



Figura 38. Semáforo con luz roja intermitente.

Fuente: Propia.

4.2. Velocidad de vehículos

Se analizaron los carriles de ingreso y de salida por separado para obtener los contrastes y similitudes entre estos dos contextos. Con los valores mostrados en el anexo 1, se pudieron obtener los valores de las velocidades en el ingreso y salida de la rotonda de acuerdo al tipo de vehículo.

Respecto a los carriles de **ingreso a la rotonda**, en la tabla 9 se muestra la cantidad de vehículos observados y en la figura 39 se aprecia el promedio de las velocidades de acuerdo al tipo de vehículo en esta parte de la rotonda. Los autos y taxis fueron los vehículos con las velocidades más altas, mientras que los ómnibus y microbús y combis fueron los que tuvieron las velocidades más bajas. Por otro lado, no se pudo obtener ninguna conclusión importante de los camiones de dos ejes, debido a que durante el tiempo de toma de datos sólo se observaron dos vehículos de este tipo.

Tabla 9. Cantidad de vehículos analizados en el lado de ingreso a la rotonda.

Fuente: Propia.

Tipo de vehículo	Taxi	Auto	Moto	Combi	Microbús	Ómnibus	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Camión > 4 ejes
N Veh	8	10	0	6	9	14	2	0	0

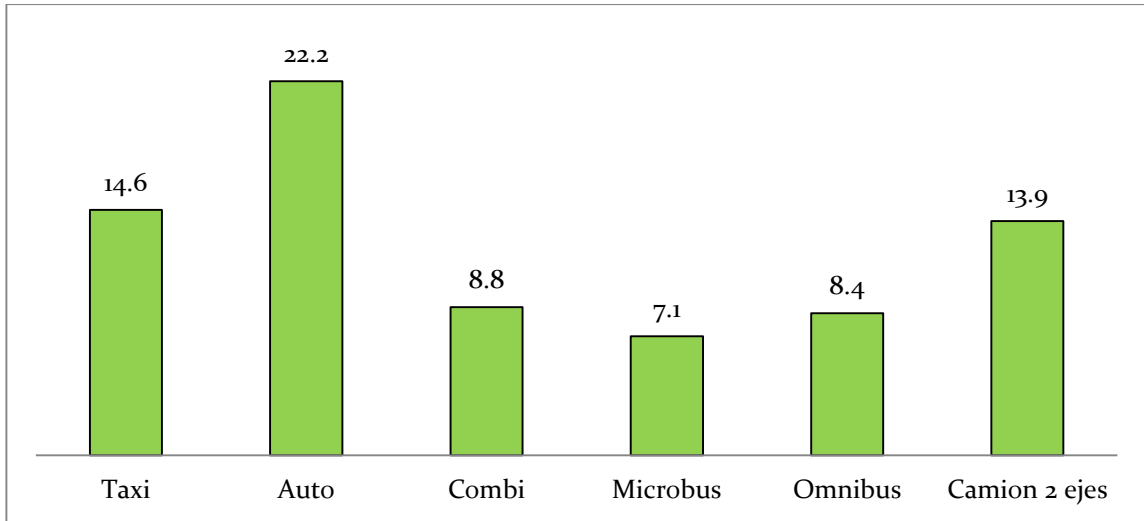


Figura 39. Velocidad promedio de vehículos en los carriles de ingreso a la rotonda (km/h).

Fuente: Propia.

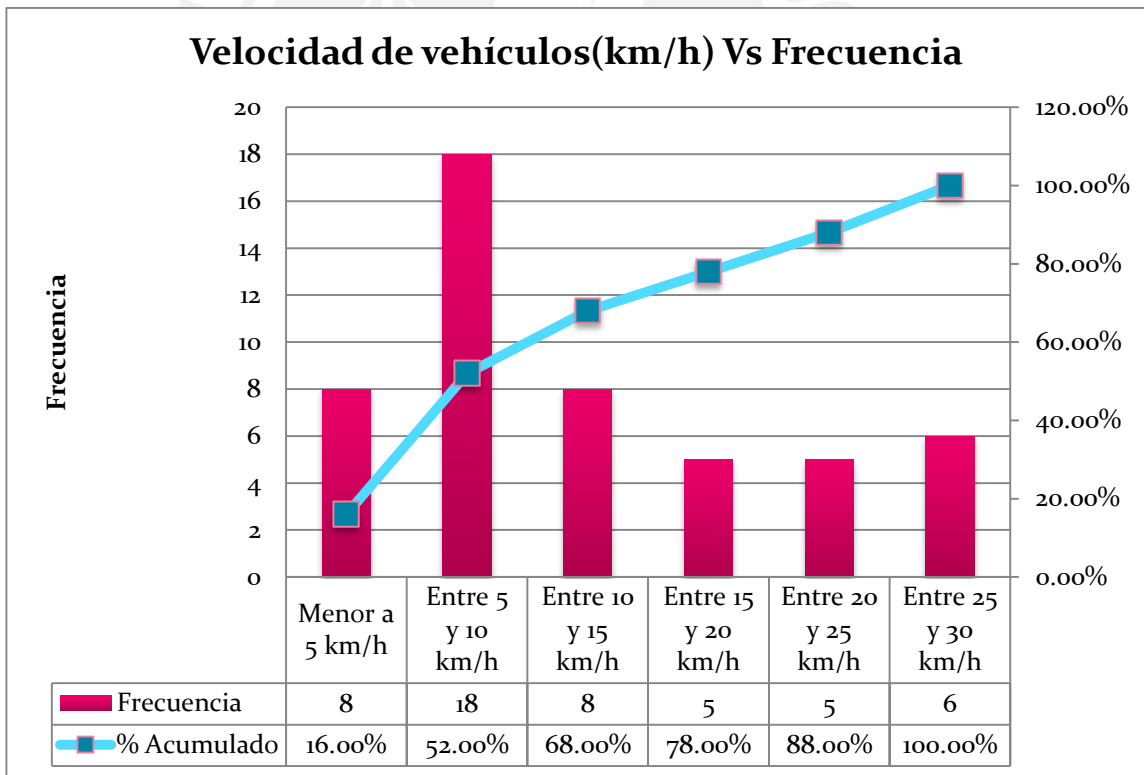


Figura 40. Frecuencias y % acumulado de la velocidad de vehículos en los carriles de ingreso a la rotonda (km/h).

Fuente: Propia.

En el histograma de la figura 40 se observa que la mitad de los vehículos ingresan a la rotonda con velocidades inferiores a los 10 km/h; además, la velocidad promedio es de 12.5 km/h y la moda está entre 5 y 10 km/h. Al relacionar este gráfico con la información de la tabla 9, figura 36 y la observación directa que se realizó, se concluye que las combis, microbús y ómnibus tienen gran influencia en la velocidad media calculada en los carriles de ingreso a la rotonda debido a que son la mayoría y tienen las velocidades más bajas por la presencia de un paradero cerca del cruce. Esta condición obliga a los conductores de vehículos de transporte público a reducir la velocidad y ceder el paso a los peatones con el fin de conseguir pasajeros como se muestra en la figura a continuación.

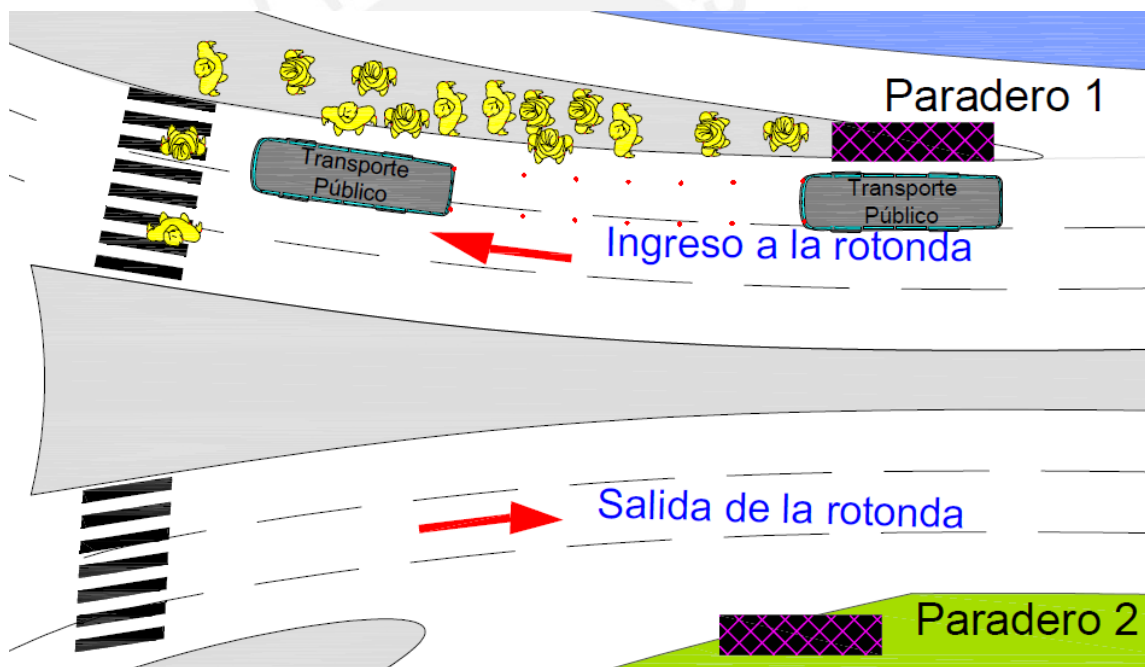


Figura 41. Velocidad de vehículos de transporte público reducida por la presencia de paradero cerca al cruce peatonal.

Fuente: Propia.

Por otro lado, en los **carriles de salida**, las velocidades de los vehículos no son tan diferentes por tipo de vehículos y esto es debido a que el paradero se encuentra después del cruce peatonal. Sin embargo, la velocidad de los vehículos es considerablemente mayor en los carriles de salida que en los de

ingreso. La tabla 10 muestra la cantidad de vehículos analizados clasificados por tipo.

Tabla 10. Cantidad de vehículos analizados en el lado de salida de la rotonda.

Fuente: Propia.

Tipo de vehículo	Taxi	Auto	Moto	Combi	Microbuses	Omnibuses	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Camión > 4 ejes
N veh	8	12	0	4	7	13	5	2	0

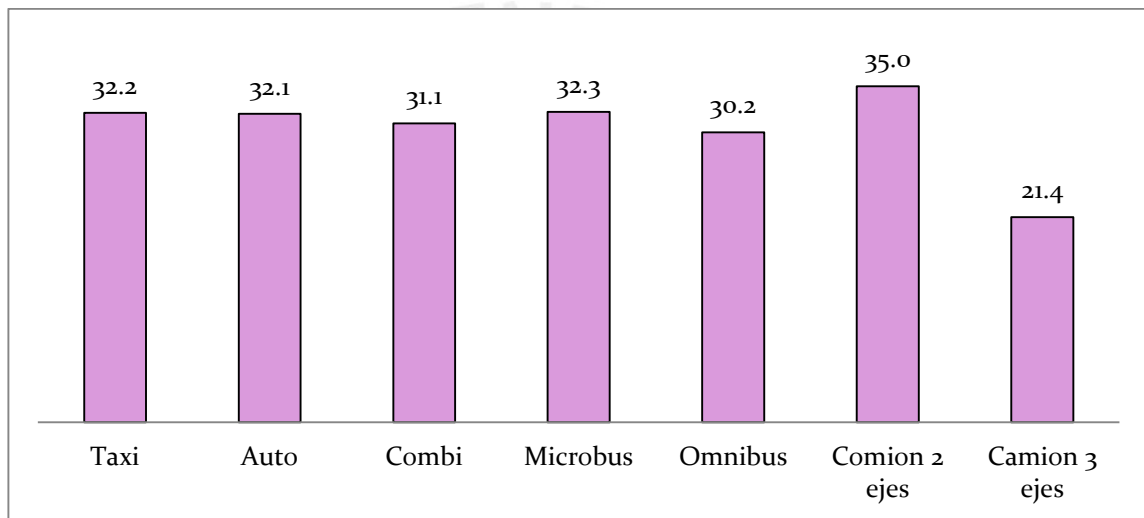


Figura 42. Velocidad promedio de vehículos en los carriles de salida a la rotonda (km/h)

Fuente: Propia

En la figura anterior, se aprecia que, a diferencia de las velocidades de los vehículos en el ingreso a la rotonda, en la salida de la rotonda, las velocidades son muy similares independientemente del tipo de vehículo que sea y es debido a que antes de llegar al cruce peatonal no hay presencia de paradero o algún otro elemento que influya en la velocidad de los vehículos. Por otro lado, debido a la presencia de pocos camiones no se puede obtener una conclusión muy importante de la velocidad de desplazamiento de este tipo de vehículo.

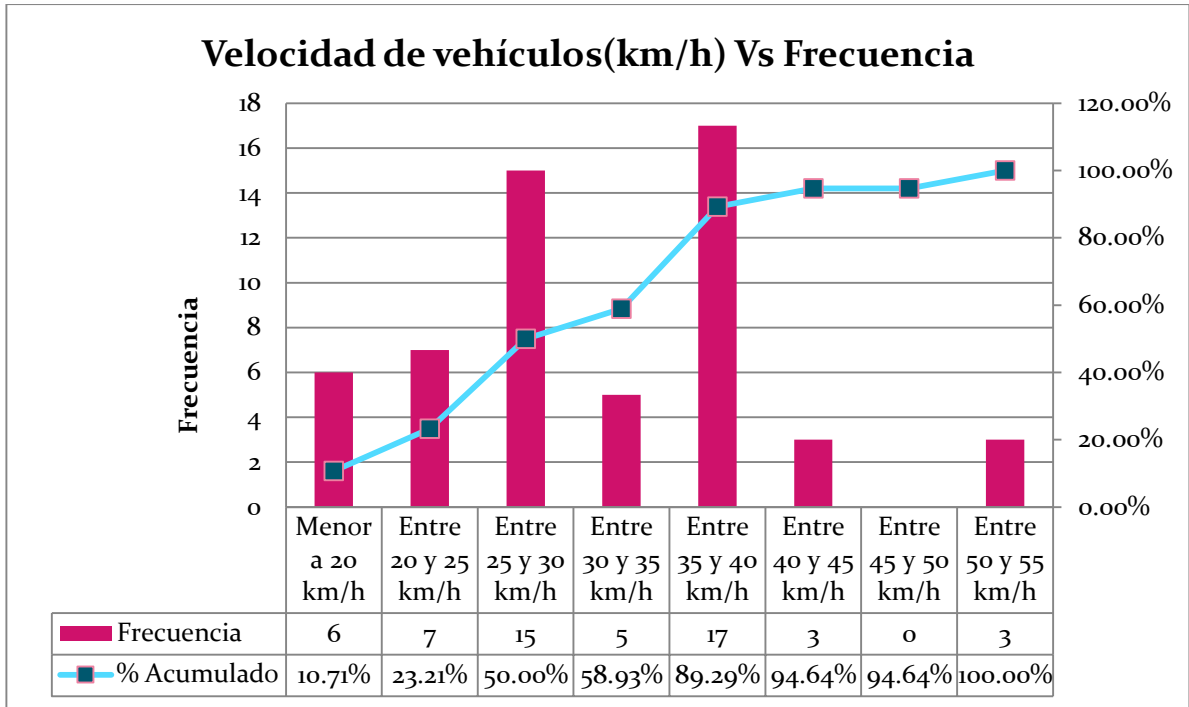


Figura 43. Frecuencias y % acumulado de la velocidad de vehículos en los carriles de salida de la rotonda (km/h).

Fuente: Propia.

La velocidad promedio calculada es de 31.5 km/h, la moda esta entre 35 y 40 km/h y sólo la mitad de los vehículos se desplaza con una velocidad inferior a 30 km/h como se puede ver en el histograma de la figura anterior. Es necesario aclarar que la congestión vehicular producida en los carriles alrededor de la isla central afecta la velocidad de los vehículos y a pesar de ello, las velocidades son mayores que en los carriles de ingreso a la rotonda.

4.3. Comportamiento de peatones

4.3.1. Observación directa

Para la identificación directa de las características de desplazamiento de los peatones se realizó la observación y se identificaron las siguientes líneas de deseo, dependiendo de dónde se inicie el desplazamiento peatonal.

En las figuras 44 y 45 se puede ver que las líneas de deseo son similares y que en los carriles de ingreso a la rotonda todos los peatones utilizan el cruce peatonal; sin embargo, en los carriles de salida, hay una gran cantidad de peatones que asumen una trayectoria que no utiliza el cruce peatonal. De acuerdo a las observaciones realizadas se puede afirmar que las trayectorias de los peatones en los carriles de salida de la rotonda tienen esa distribución debido a la presencia de un paradero en el lado de salida de la rotonda (paradero1).

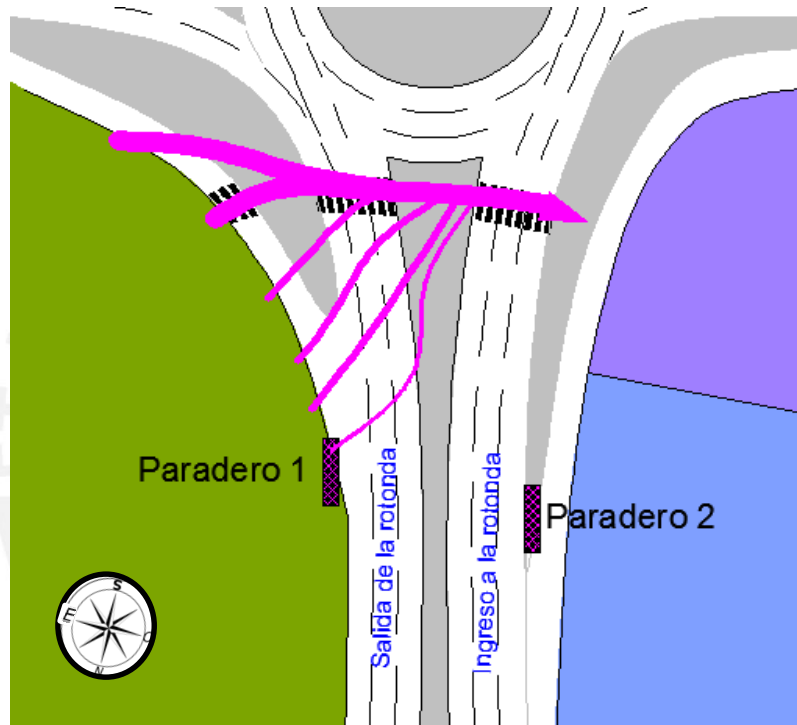


Figura 44. Líneas de deseo cuando los peatones inicial el desplazamiento por el lado de salida de la rotonda.

Fuente: Propia.

En la figura 44 se aprecia que cuando los peatones inician su desplazamiento por el lado de salida de la rotonda, las líneas de deseo están distribuidas en gran proporción fuera del cruce peatonal. Esto ocurre debido a que muchas personas bajan de los vehículos en el paradero 1 y encuentran más facilidades de cruce desde esa posición a pesar de no estar dentro del cruce peatonal. En cambio, en la segunda etapa del cruce (carriles de ingreso a la rotonda)

parece que les es más complicado cruzar desde cualquier posición, por lo que todos deciden utilizar el cruceo peatonal.

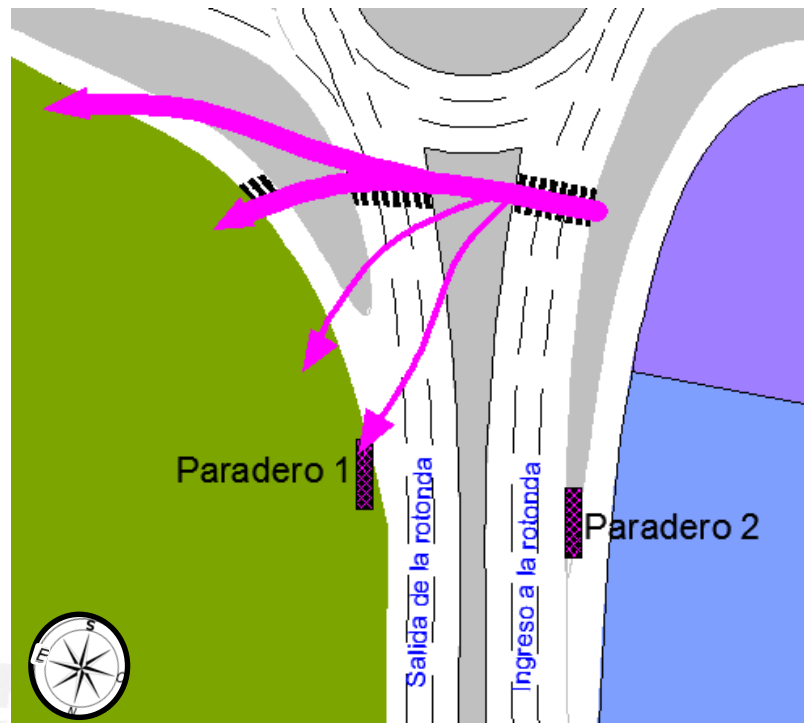


Figura 45. Líneas de deseo cuando los peatones inicial el desplazamiento por el lado de ingreso a la rotonda.

Fuente: Propia.

Al analizar las líneas de deseo mostradas en la figura 44, se aprecia una similitud en el comportamiento de la figura 45, debido a que todos utilizan el cruceo peatonal en los carriles de ingreso a la rotonda y no todos lo utilizan en los carriles de salida. Sin embargo, la diferencia radica en que las líneas de deseo fuera del cruceo peatonal en los carriles de salida son en menor proporción en la figura 45 que en la figura 44. De acuerdo a las observaciones, se pudo comprender que esto ocurre debido a que gran cantidad de las personas que cruzan se dirige al este y no al paradero 1; además de las personas que se dirigen al paradero 1, la mayoría utiliza el cruceo peatonal.

Finalmente, al observar ambas figuras (44 y 45), es necesario aclarar que las velocidades de los vehículos no afectan en gran medida las líneas de deseo de

los peatones. En los carriles de salida de la rotonda, donde los vehículos son más veloces, gran cantidad de peatones no utiliza el cruceo peatonal y describen un desplazamiento más disperso; en cambio, en los carriles de ingreso a la rotonda, donde las velocidades son más bajas, todos los peatones observados utilizan el cruceo peatonal.

- **Velocidades de desplazamiento**

Las velocidades de los desplazamientos peatonales pueden brindar información valiosa de cuán afectados se sienten los usuarios respecto al funcionamiento de la rotonda. Siguiendo la metodología mencionada en el capítulo III se clasificó la data recolectada de acuerdo al tipo de peatón y a la sección de la rotonda por la cual se desplazan.

En la figura 46, se aprecia las velocidades de los peatones cuando transitan por los carriles de ingreso de la rotonda. Todos los peatones adquieren velocidades similares (1.2m/s) independientemente de su edad o condición.

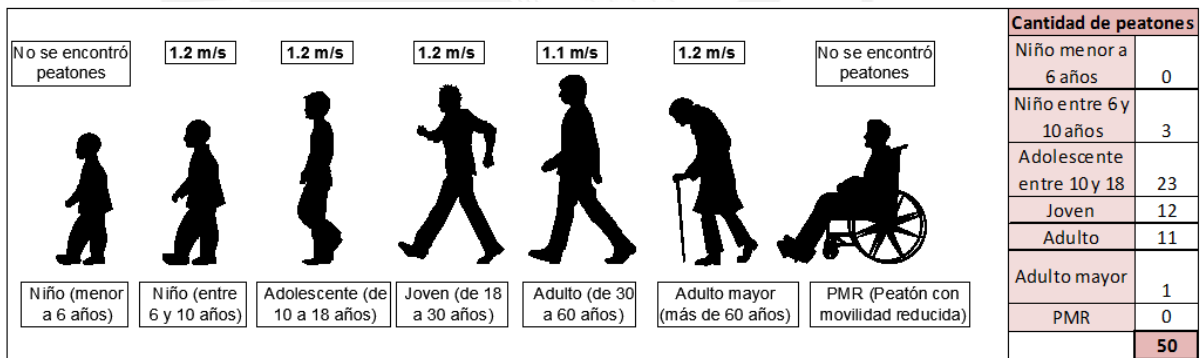


Figura 46. Velocidad de peatones en los carriles de ingreso a la rotonda (m/s).

Fuente: Propia.

En la mediana, en cambio, se tiene un mejor panorama de las velocidades reales de desplazamiento de los peatones (Figura 47), en la que los más veloces son los jóvenes (1.5m/s) y los más pausados son los niños (1.1m/s); sin embargo, se debe tener en cuenta que debido a la hora de toma de datos, los desplazamientos peatonales pueden estar siendo afectados en gran medida por la prisa al lugar de destino, ya sea su centro de labor, estudio, etc.

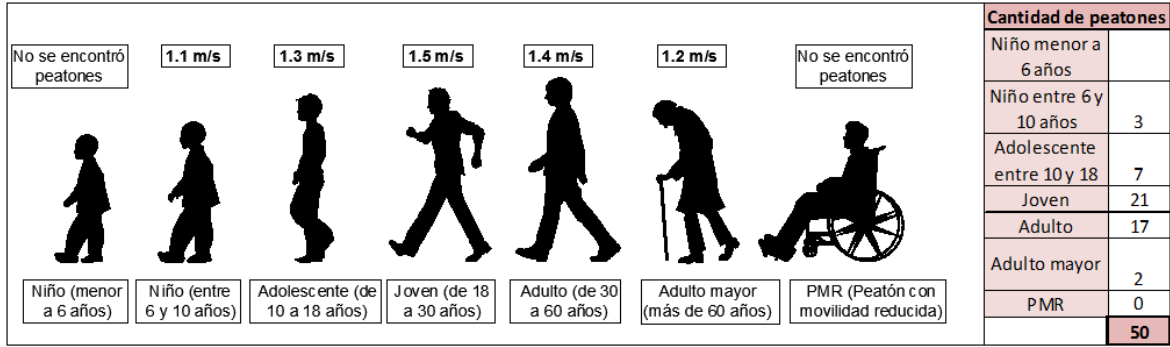


Figura 47. Velocidad de peatones en la mediana (m/s).

Fuente: Propia.

Por último, al comparar las figuras 46 y 48 se observa que las velocidades registradas en los carriles de salida de la rotonda (1.5m/s) son claramente más altas que en los carriles de ingreso a la rotonda (1.2m/s) y esto puede ser debido a que los vehículos ofrecen condiciones más críticas en los carriles de salida que en los de ingreso lo que se intentará verificar con la aplicación de encuestas.

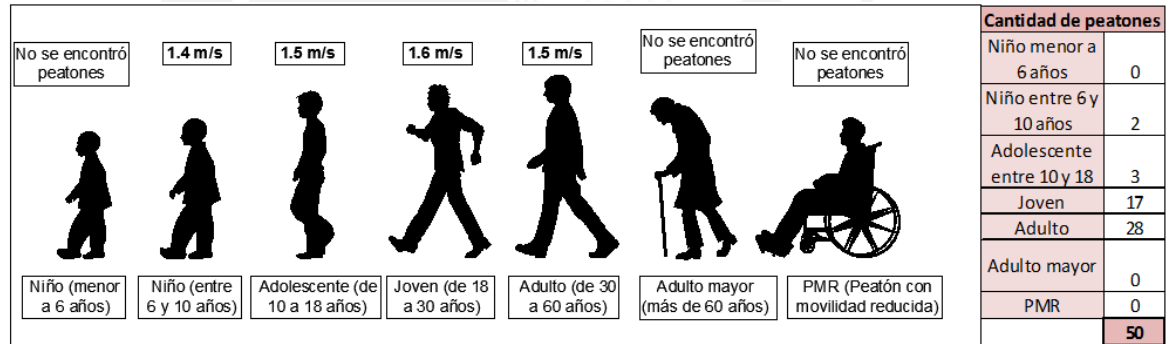


Figura 48. Velocidad de peatones en los carriles de salida a la rotonda (m/s).

Fuente: Propia.

Es necesario aclarar que no se pueden obtener conclusiones importantes respecto a la velocidad de desplazamiento de los peatones en edad de adulto mayor ni de niños, debido a que la cantidad de peatones observados que pertenecen a este grupo de edades son muy reducidos. De la misma manera, no se pudo calcular la velocidad de desplazamiento de los peatones con movilidad reducida (PMR) debido a su ausencia total en el cruce durante las

horas de observación, lo cual no permite obtener un análisis completo del desplazamiento de todos los tipos de usuarios vulnerables a pesar de ser una de las características de mayor interés de la tesis.

Se puede ver claramente que los valores obtenidos son altos en comparación con las cifras mostradas en el capítulo II. Las velocidades peatonales consideradas por FHWA (2004) están entre 0.8 y 1.8 m/s y por MUTCD (2009) están en un promedio de 1.07 m/s para todo tipo de peatones. El principal motivo puede ser que la toma de datos se realizó en hora punta, por lo cual las trayectorias y velocidades se ven afectadas por la premura de las personas para llegar a los centros de labor o estudio.

- **Comportamiento de peatones**

El número total de peatones observados fue de 181 y la composición de acuerdo al género de esta cantidad es la mostrada en la figura 492, donde se puede apreciar que la cantidad de peatones masculinos (105) supera en un 38% al de peatones femeninos (76).

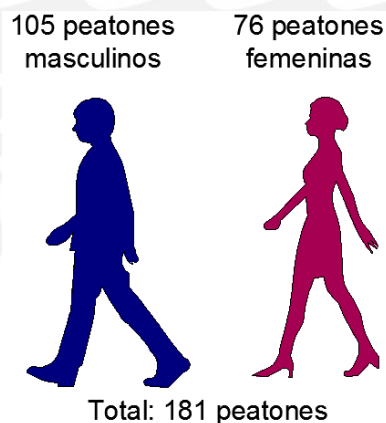


Figura 49. Cantidad de peatones observados de acuerdo al género.

Fuente: Propia.

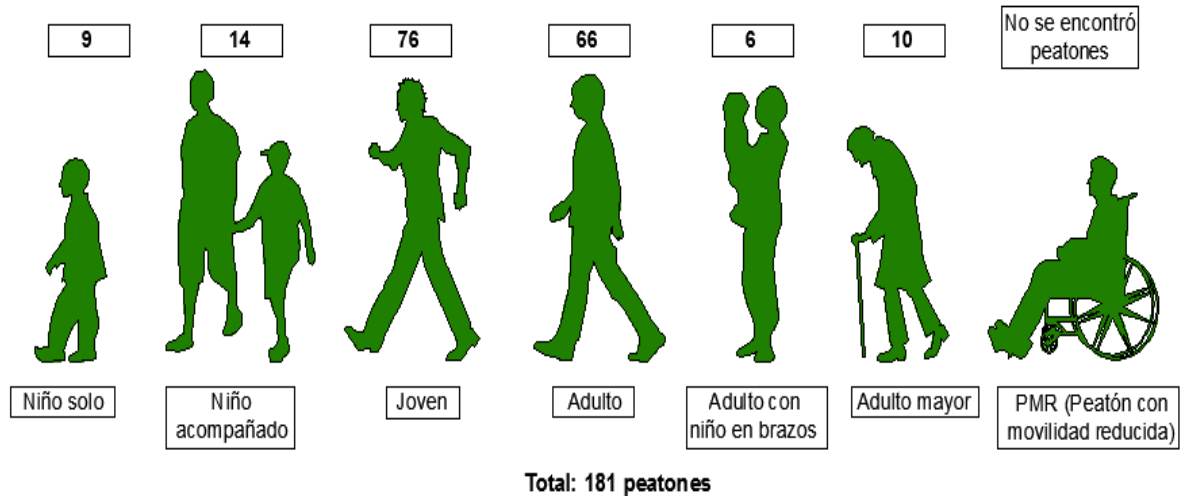


Figura 50. Cantidad de peatones observados de acuerdo al grupo de edad.

Fuente: Propia.

En la figura 50 se aprecia que durante el tiempo de observación no hubo presencia de peatones con movilidad reducida (PMR) y muy pocos de los peatones fueron adultos mayores. Uno de los motivos por los que hay ausencia de este grupo de peatones podría ser que ellos no acostumbran desplazarse en hora punta o que evitan este tipo de intersecciones debido a las pocas facilidades que ofrecen para un desplazamiento seguro. Además, se aprecia que la mayor cantidad de peatones que realizan el cruce son jóvenes y adultos y son muy pocos los niños que realizan el cruce solos o acompañados.

En cuanto al comportamiento que los peatones asumen al realizar el cruce, de acuerdo a las observaciones realizadas, se pudo obtener los gráficos de las figuras 51 y 52 que muestran el comportamiento de los peatones en los carriles de salida e ingreso a la rotonda dependiendo del punto de partida de su desplazamiento.

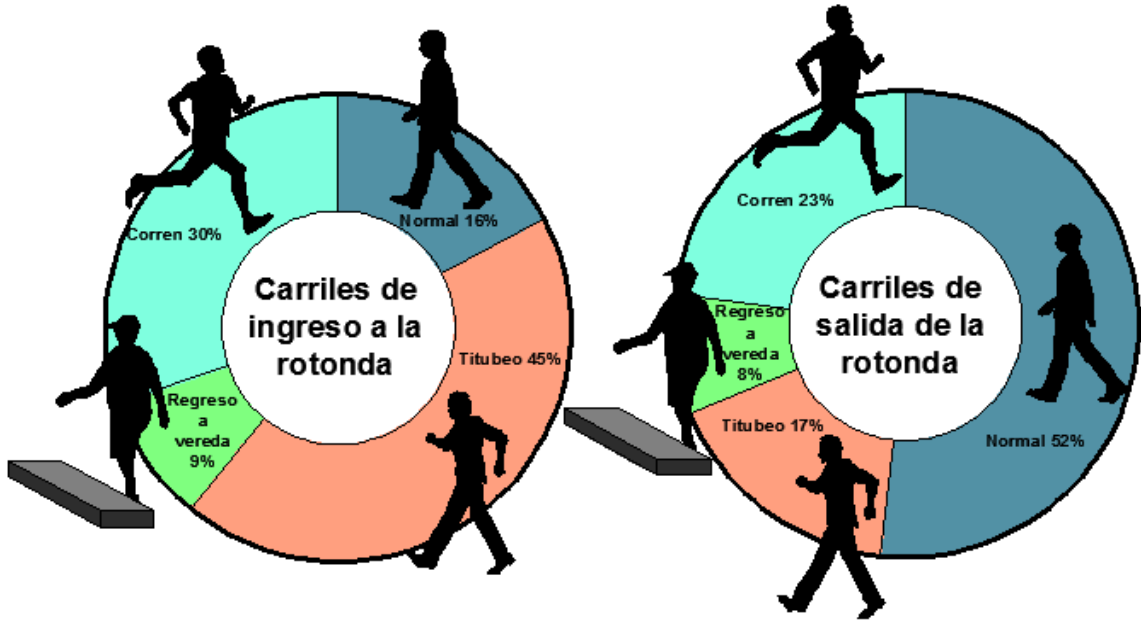


Figura 51. Comportamiento de peatones cuando inician por el ingreso a la rotonda.

Fuente: Propia.

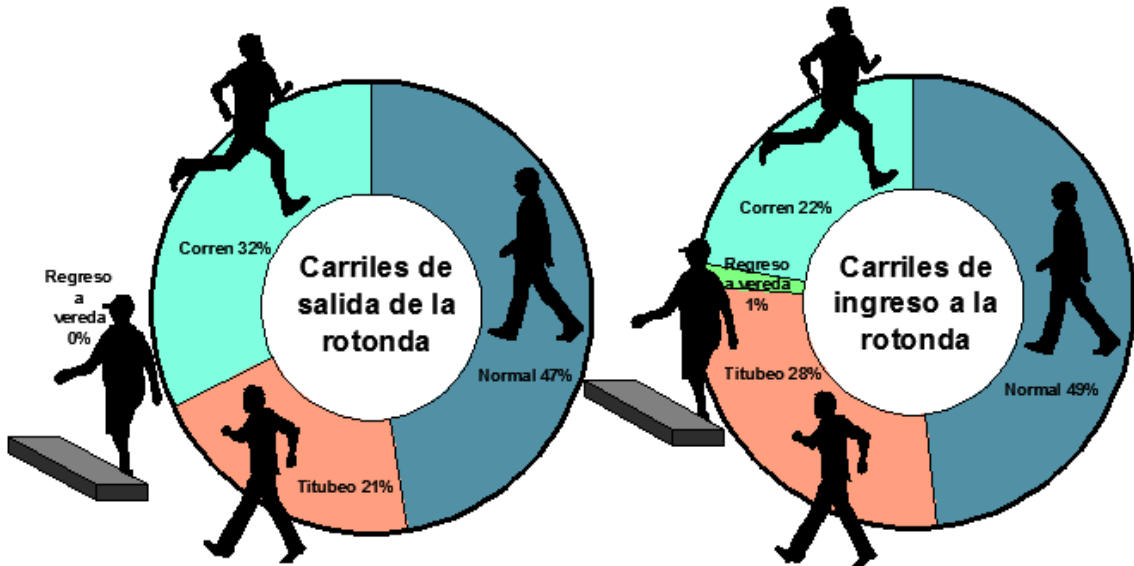


Figura 52. Comportamiento de peatones cuando inician por la salida de la rotonda.

Fuente: Propia.

Al contrastar los resultados obtenidos en las figuras 51 y 52 se observa que los peatones tienden más a regresar a la vereda cuando el desplazamiento inicia por el ingreso a la rotonda, e incluso cuando los peatones iniciaron su desplazamiento por los carriles de salida, ninguno regresó a la vereda. Además la figura 51 muestra un valor bastante alto del titubeo (45%) en comparación con el desplazamiento en los demás carriles (17%, 21% y 28%) y la respuesta podría radicar en la presencia del paradero cerca del cruceo peatonal en el ingreso de la rotonda. Por último, se aprecia que, sin importar cuál sea el punto de partida de los peatones, éstos tienden a correr en mayor proporción en la primera etapa de su desplazamiento (30% en comparación con 23% en la figura 51 y 32% en contraste con 22% en la figura 52).

Cuando se hizo la observación directa, también se consideró el comportamiento de los peatones que se detenían en algunos de los carriles de cualquiera de los lados de la rotonda durante el cruce. Esto ocurre debido a que los vehículos no ceden el paso y al continuar con su trayectoria los peatones se ven obligados a parar en medio de la calzada. De acuerdo a los resultados, se obtuvieron los gráficos mostrados en las siguientes figuras:

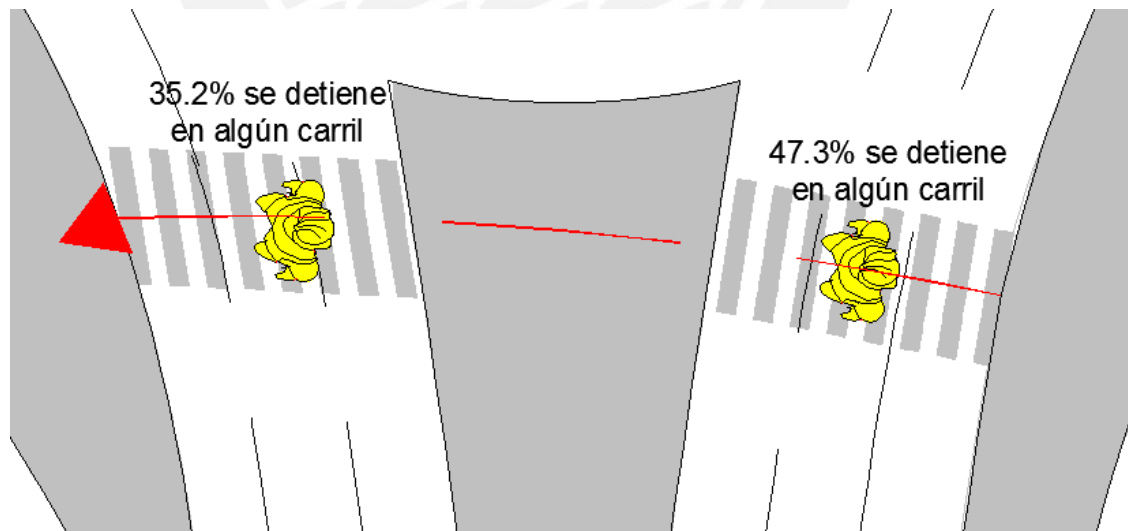


Figura 53. Detención en carriles cuando peatones inician el desplazamiento por el ingreso a la rotonda.

Fuente: Propia.

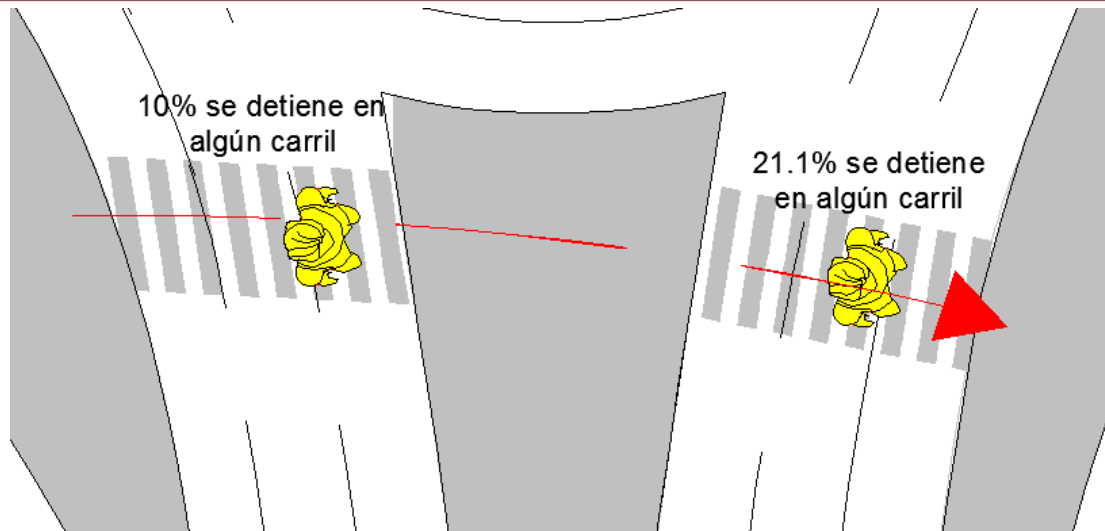


Figura 54. Detención en carriles cuando peatones inician el desplazamiento por la salida de la rotonda.

Fuente: Propia.

Al contrastar las dos figuras anteriores, es muy fácil notar que cuando el desplazamiento inicia por el carril de ingreso a la rotonda, más peatones se detienen en el lado de ingreso en comparación con el lado de salida (47.3% y 35.2% respectivamente). De igual manera, cuando el desplazamiento se inicia por el lado de salida, mayor cantidad de peatones se detiene en los carriles de ingreso a la rotonda (21.1%) que en los carriles de salida (10.0%). Esta similitud indica que durante el cruce, independientemente de donde se inicien los desplazamientos, la mayor cantidad de peatones se detiene en los carriles de ingreso a la rotonda.

Adicionalmente, se aprecia que ésta característica del desplazamiento de los peatones no está relacionada con la velocidad de aproximación de los vehículos debido a que, según lo registrado en el punto 5.2, el promedio de la velocidad de aproximación de los vehículos en el carril de salida (31.5 km/h) es mayor que en el carril de ingreso (12.5km/h). Posiblemente, la razón de este comportamiento se encuentre en otro factor como puede ser la presencia del paradero cerca del cruceo peatonal.

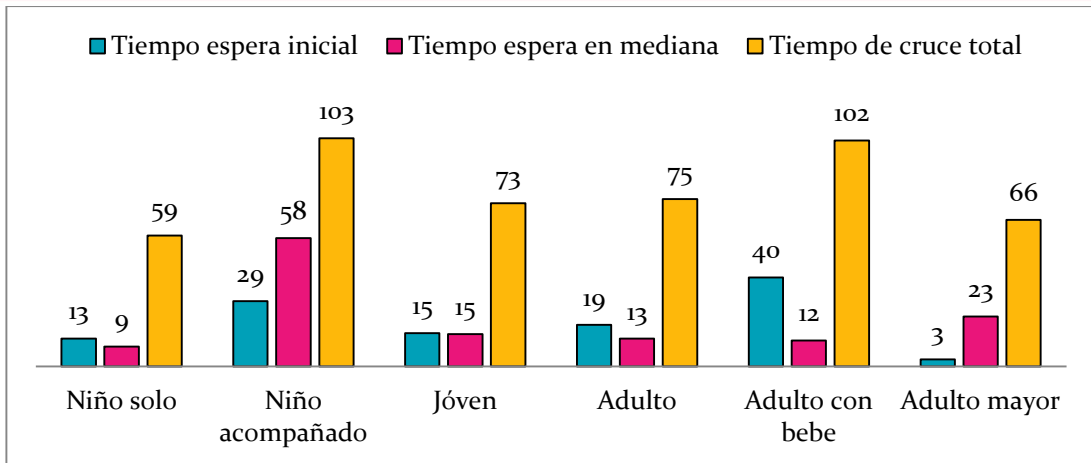


Figura 55. Tiempos de espera (segundos) de peatones de acuerdo al grupo de edad al que pertenecen.

Fuente: Propia.

Se clasificó el tiempo de espera y tiempo de cruce total de acuerdo a la edad de los grupos de peatones como se muestra en la figura 55. En este gráfico se puede observar que los peatones que más tiempo esperan y demoran al cruzar son los niños acompañados de adultos y los adultos que llevan algún bebé en brazos. Además, se observa que el tiempo que tardan los jóvenes, adultos y adultos mayores es similar y los más veloces son los niños solos, lo que se interpreta como un gran peligro.

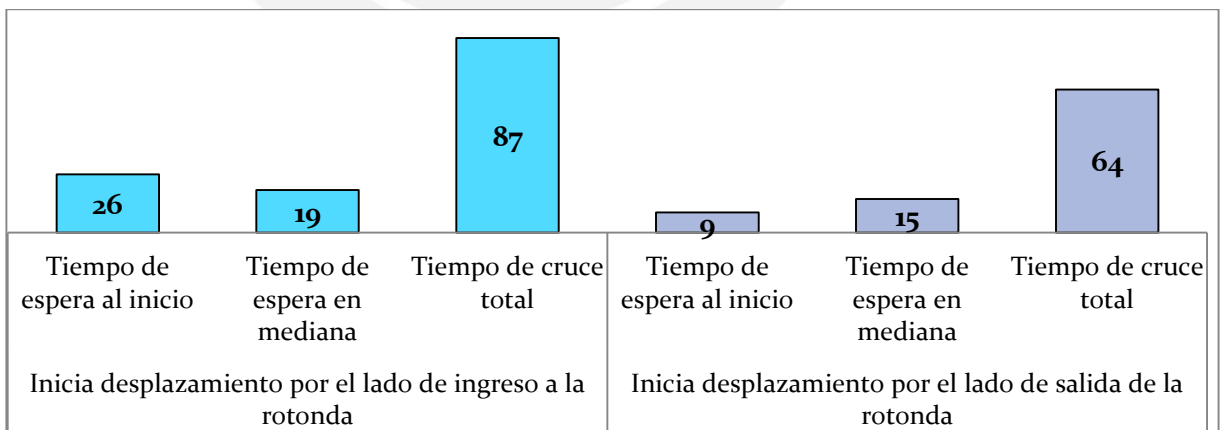


Figura 56. Tiempos de espera (segundos) de peatones de acuerdo al punto de inicio del cruce.

Fuente: Propia.

En la figura 56 se representaron los tiempos de espera al inicio y en la mediana y el tiempo total del cruce dependiendo del punto de partida del peatón. Se observa que, independientemente del punto de partida, los peatones tienen a esperar más tiempo cuando quieren cruzar los carriles de ingreso de la rotonda, 26 segundos si inician por el lado de ingreso a la rotonda y 15 segundos en promedio si inician por el lado de salida de la rotonda.

En cuanto a las circunstancias en las que los peatones cruzan la vía, se pudo observar que la mayoría de los usuarios realiza el cruce en grupo, es decir, al llegar al borde de la vereda o la mediana, prefieren esperar a que más personas se amontonen y así imponer con más fuerza la detención de vehículos (Fig. 57). Este gesto hace más efectivo el cruce; sin embargo, los peatones deben esperar a que el grupo de personas sea significativo para poder continuar su itinerario.



Figura 57. Personas agrupadas realizando el cruce.

Fuente: Propia.

4.3.2. Encuestas

La cantidad de peatones encuestados estuvo clasificada de acuerdo al género (Figura 58) y de acuerdo al grupo de edad al que pertenecen (Figura 59).

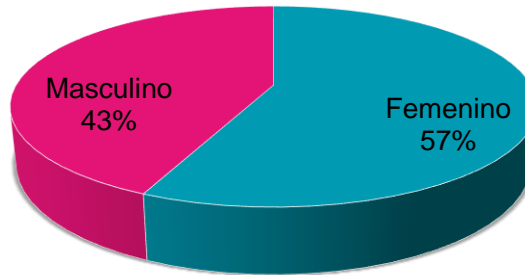


Figura 58. Porcentaje de personas encuestadas de acuerdo al género.

Fuente: Propia.

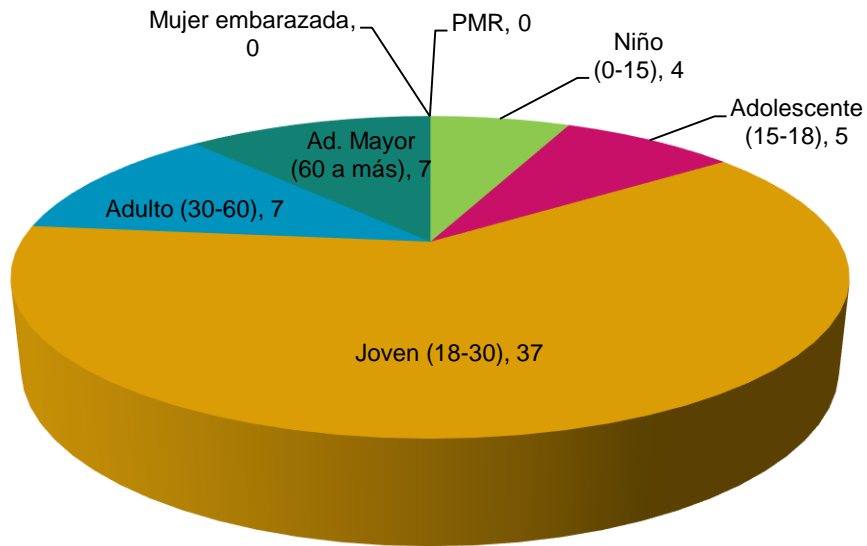


Figura 59. Porcentaje de personas encuestadas de acuerdo al grupo de edad.

Fuente: Propia.

Las respuestas obtenidas se clasificaron por la pregunta realizada y se ordenaron de la siguiente manera:

¿Cuánta facilidad sintieron los peatones al cruzar?

Se aprecia que al 55% de los peatones no se les hizo nada fácil cruzar el óvalo, al 22% se les hizo poco fácil y solo un 13% sintió que el óvalo fue muy fácil de cruzar. En conclusión, más de la mitad de los peatones encuentra dificultades para cruzar el óvalo.

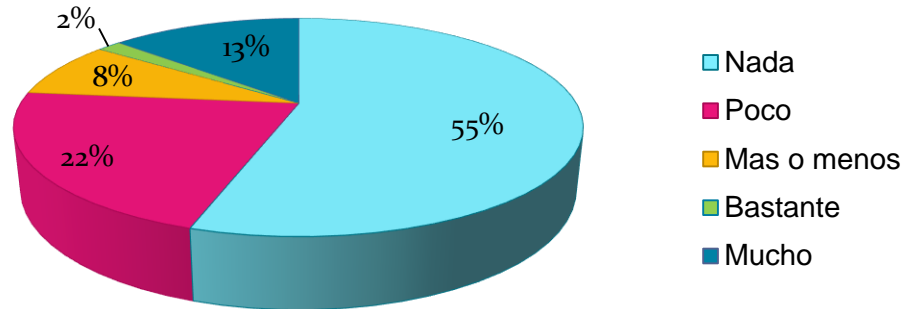


Figura 60. Facilidad que sintieron los peatones al cruzar el óvalo.

Fuente: Propia.

¿Cuánta seguridad sintieron los peatones al cruzar?

De la misma manera, al preguntar cuánta seguridad sintieron los usuarios al cruzar, el 67% de los peatones respondieron que no se sienten nada seguros, 18% respondió que se siente poco seguro y ninguno de ellos se sintió muy seguro al cruzar. Se puede ver que los peatones encuentran una gran diferencia entre facilidad y seguridad de cruce; ya que el 100% de los encuestados (incluyendo a los peatones que les fue muy fácil cruzar) se siente inseguro al cruzar el óvalo.

Este resultado demuestra que un diseño que permita realizar desplazamientos sin mayor esfuerzo, no necesariamente hará sentir más seguros a los peatones. Además, deja en claro que la percepción de la seguridad es bastante baja en la Rotonda Angélica Gamarra.

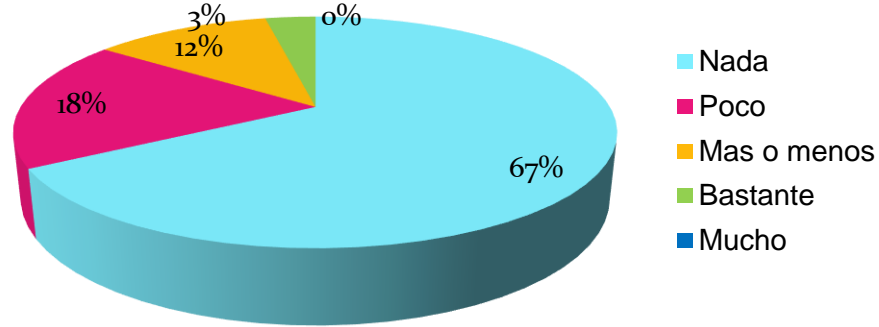


Figura 61. Seguridad que sintieron los peatones al cruzar el óvalo.

Fuente: Propia.

¿Cuánto perjudica su desplazamiento el tránsito vehicular?

El 63% de los encuestados indica que se sienten muy afectados por el tránsito vehicular y el porcentaje va disminuyendo hasta que el 5% no se siente nada afectado con el tránsito vehicular. Cuando se habla de afectar el desplazamiento peatonal se abarca la influencia que causa en el tiempo total de cruce, el ruido, la prisa con la que deben tomar sus decisiones de cruce y de reacción, entre otros.

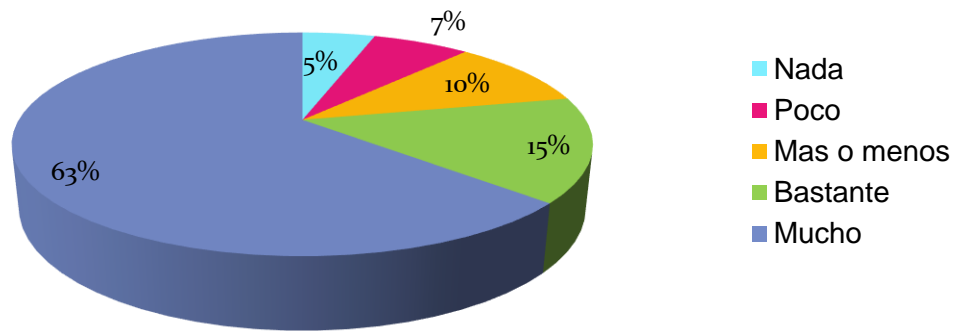


Figura 62. ¿Cuánto afecta el tránsito vehicular al desplazamiento de peatones?

Fuente: Propia.

¿Cuánto cree usted que los conductores respetan sus derechos como peatón?

Las respuestas a esta es una pregunta reflejan el gran descontento que sienten los peatones respecto a los conductores. El 83% de los encuestados siente que los conductores no respetan sus derechos en lo absoluto. Solo el 2% piensa que lo respetan bastante y el 3% piensa que lo respetan mucho.

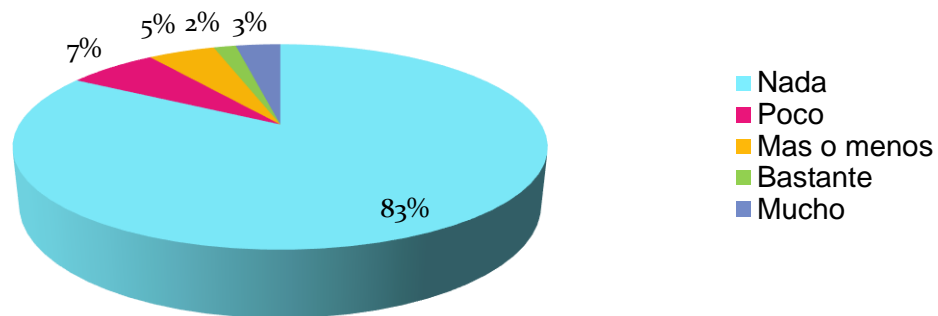


Figura 63. ¿Los derechos del peatón son respetados por los conductores?

Fuente: Propia.

¿Cuán adecuadas cree usted que son las velocidades de los vehículos?

En cuanto a la opinión de los peatones respecto a la velocidad de los vehículos, el 56% de los encuestados piensa que la velocidad de los vehículos no es nada adecuada y por el contrario, solo el 7% cree que la velocidad de los vehículos es muy adecuada

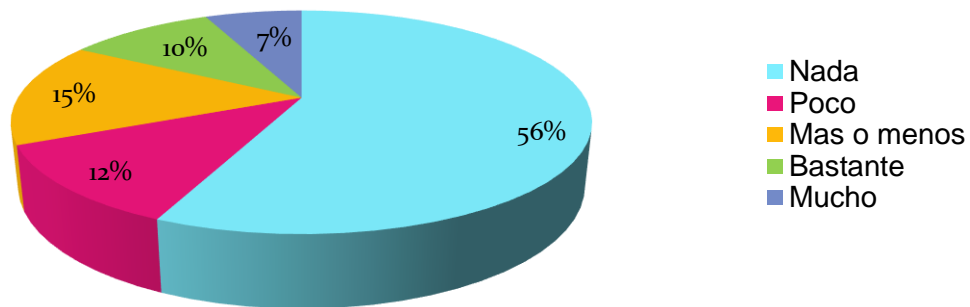


Figura 64. ¿La velocidad de vehículos es adecuada?

Fuente: Propia.

¿Cuánto tiempo cree usted que pierde al esperar un espacio para cruzar el óvalo?

Esperar un espacio entre los vehículos para poder cruzar es un aspecto muy importante a evaluar y sobre todo si este tiempo causa molestias a los peatones. A esta pregunta, un 73% de los encuestados respondió que “pierde” mucho tiempo al cruzar y solamente el 2% indicó que no pierde nada de tiempo.

A este resultado se le añade lo obtenido por observación directa que indica lo siguiente: las personas pierden entre un 37 y 50% del tiempo total de cruce en la vereda o mediana esperando un espacio para cruzar. De esta forma se aprecia la coherencia de resultados, pues el tiempo invertido verdaderamente es bastante en relación con el tiempo total de cruce y las personas lo perciben de la misma forma.

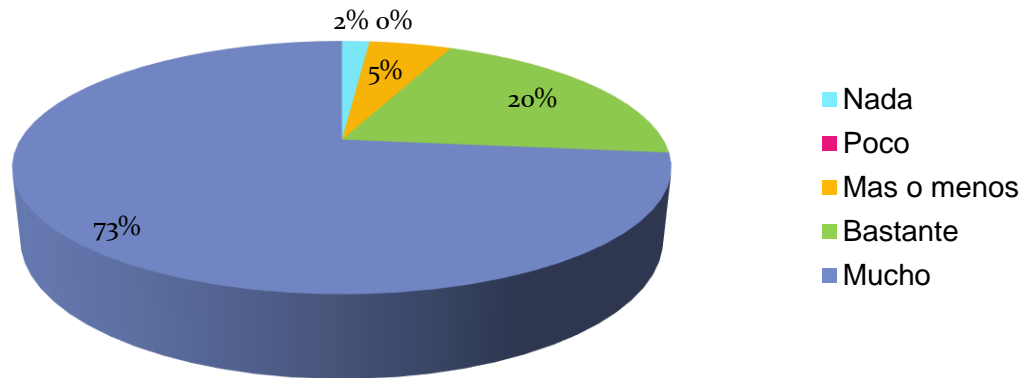


Figura 65. Tiempo que se “pierde” al cruzar el óvalo.

Fuente: Propia.

¿Cuán frecuente ve usted a peatones con habilidades diferentes cruzar el óvalo?

La frecuencia con la que transitan los peatones con habilidades diferentes es muy poca o casi nula según las respuestas de los encuestados, debido a que el 37% de ellos respondió que no ve a este grupo de peatones y el 30% indicó que ve a pocos. Sin embargo, durante los días y horas de recolección de información no se pudo ver a ninguno. Los motivos por los que no se desplazan

por ésta rotonda pueden ser muy diversos como la dificultad que encuentren, las horas a las que acostumbran salir, las actividades a las que se dedican, la cercanía de los lugares a los que acuden continuamente, entre otros.

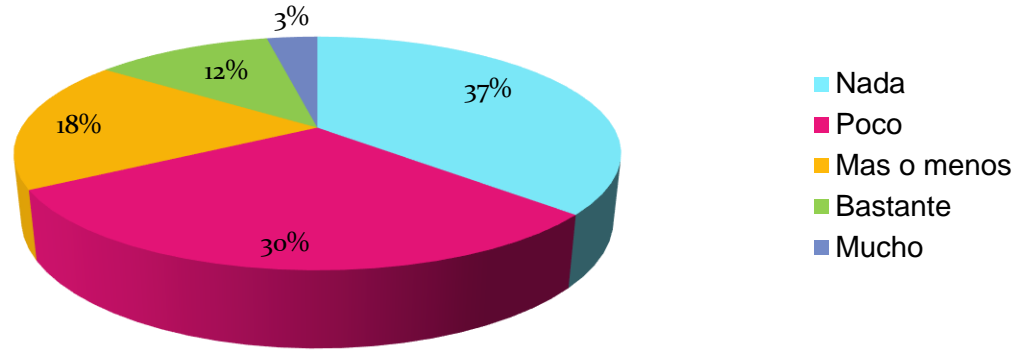


Figura 66. Frecuencia de uso del óvalo por peatones con habilidades diferentes.

Fuente: Propia.

Si ve a peatones con habilidades diferentes, ¿con qué dificultad realizan el cruce?

De los peatones que tuvieron una respuesta diferente a “nada” en la pregunta anterior, el 79% observa que los peatones con habilidades diferentes realizan el cruce con mucha dificultad y, como era de esperarse, ninguno piensa que realizan el cruce sin dificultad.

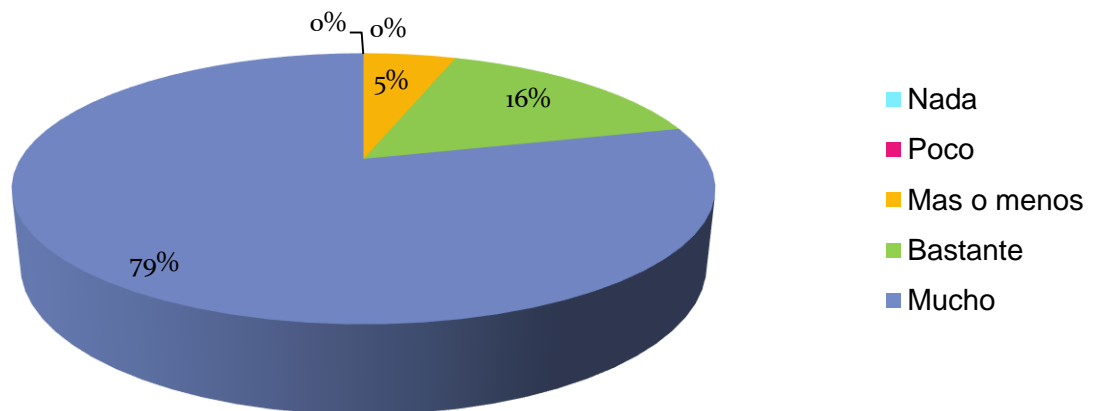


Figura 67. Dificultad de desplazamiento de peatones con habilidades diferentes.

Fuente: Propia.

¿Prefiere usted que las personas se acumulen para cruzar el óvalo?

Respecto a esta pregunta, un valor muy alto (92%) respondió que sí prefiere que las personas se acumulen para cruzar el óvalo. Sin embargo, del 8% que opina que no prefiere cruzar en grupo, muchos indicaron que se debe a que esperar que las personas se acumulen toma tiempo y no desean perder más tiempo para cruzar. Este resultado muestra que al formar un grupo mayor de personas, los peatones encuentran más facilidades de cruce y posiblemente aumente la percepción de seguridad.

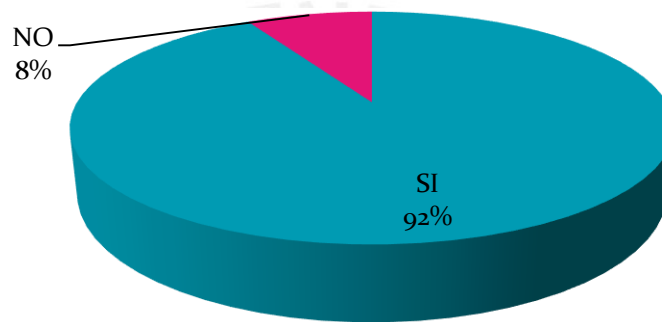


Figura 68. Preferencia de cruzar en grupo.

Fuente: Propia.

Sobre el semáforo

El semáforo de luz intermitente se encuentra ubicado en el lado de ingreso a la rotonda y es importante saber si todos los peatones que cruzan logran ver el semáforo y si éste cumple su función. El 58% de los encuestados respondió que sí lo ve y; de todos aquellos que ven el semáforo, el 91% cree que no hace seguro el cruce y solamente el 9% cree que sí hace seguro el cruce.

Ambos resultados deben llamar a reflexión, pues casi la mitad de las personas de la muestra no visualizan el semáforo; y además cerca del 100% opina que no brinda seguridad alguna.

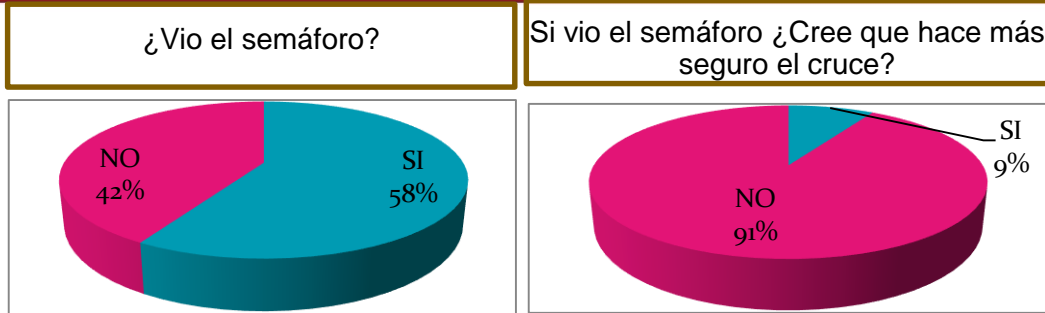


Figura 69. Condiciones de seguridad que brinda el semáforo.

Fuente: Propia.

¿Cree usted que el óvalo necesita semáforos y/o policías para hacer más seguro el cruce?

La respuesta de todos los encuestados fue absoluta, el 100% de ellos opina que hace falta un semáforo y/o policías para que el cruce sea más seguro. Este tipo de respuesta permite deducir que todos opinan que falta una mejora en orden, seguridad o facilidad de cruce y es por ello que surge una necesidad de presencia de policías y/o semáforos.

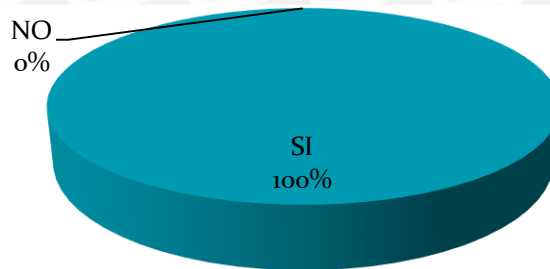


Figura 70. Necesidad de semáforos y policías en el cruce.

Fuente: Propia.

¿En qué lado de la rotonda se sintió más seguro?

El 35% de los encuestados se siente más seguro en el lado de salida y el 17% se siente más seguro en el lado de ingreso a la rotonda. Es decir, el porcentaje de peatones que se siente más seguro en el lado de salida es el doble de los que se sienten más seguros en el lado de ingreso a la rotonda.

Además, es necesario aclarar que cuando se realizó la pregunta, solo se nombraron dos alternativas: “ingreso” y “salida”; por lo que la opción “ninguna” nació como una respuesta natural de los encuestados y resultó ser la mayor, con un 48% de usuarios que no se sienten seguros en ningún lado de la rotonda.

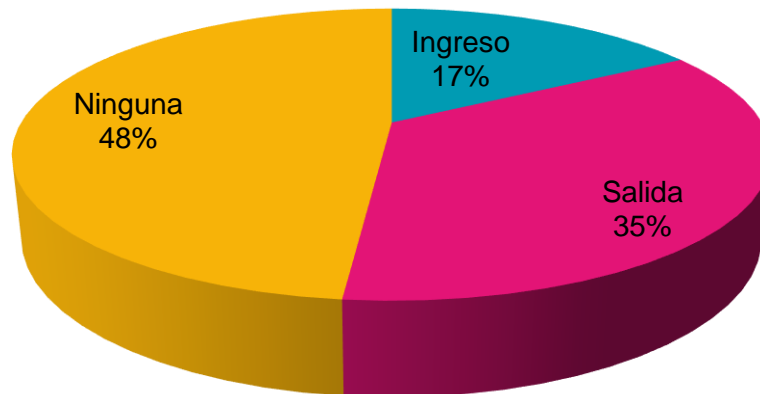


Figura 71. Áreas de la rotonda percibidas como más seguras.

Fuente: Propia.

¿Qué es lo que más le incomodó al cruzar el óvalo?

Para encontrar cuales son los aspectos que más incomodan a los peatones al cruzar el óvalo se plantearon algunas alternativas y fue necesario incluir la de “inseguridad ciudadana”, la cual resultó ser la característica que más incomoda a los usuarios (27%). Las siguientes alternativas con porcentajes relativamente altos son la velocidad de vehículos (25%) y la cantidad de vehículos (18%). Además, es necesario indicar que la alternativa “todo” fue propuesta por el encuestado, es decir no se mencionó entre las alternativas al realizar la pregunta; sin embargo un 11% indicó que todo lo mencionado incomoda su desplazamiento. Finalmente, la mayoría de los peatones que respondieron “otros”, indicó que el aspecto que más le incomoda son las inadecuadas señales de tránsito.

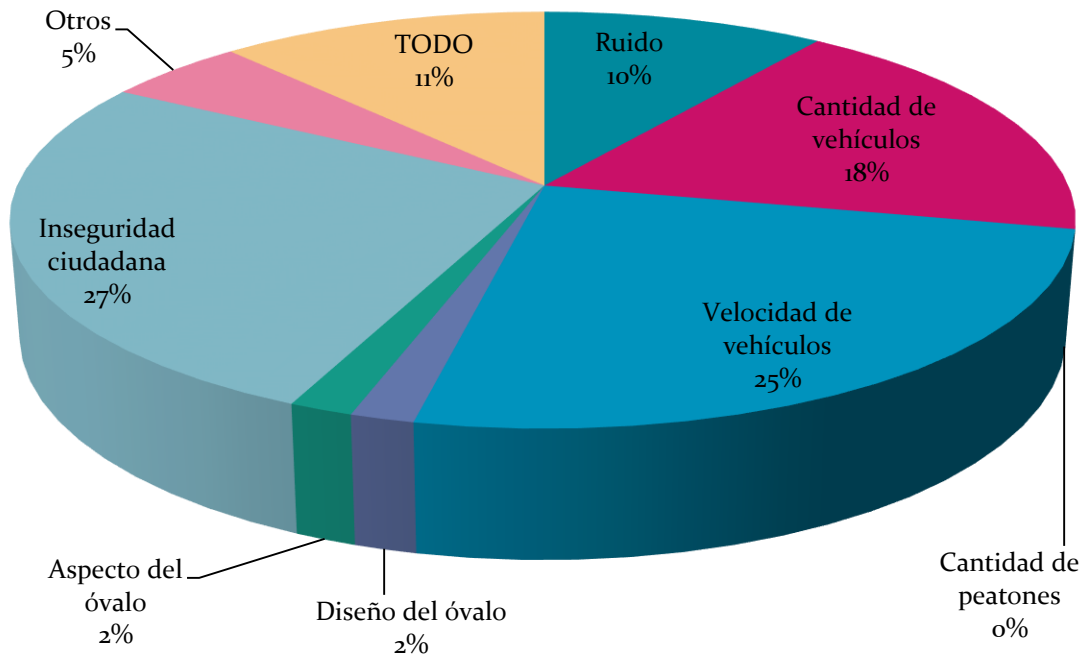


Figura 72. Aspectos del óvalo Angélica Gamarra que más incomodan a los peatones.

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El FHWA (2000), en la tabla 2, compara la cantidad de accidentes y las lesiones entre rotondas e intersecciones semaforizadas y convencionales, en la que se ve una diferencia cuantitativa bastante grande que demuestra que las rotondas, definitivamente, reducen la cantidad de accidentes y las lesiones. Además, al analizar las gráficas obtenidas a partir de datos recaudados por la municipalidad de Lima (figura 27), donde se compara la severidad de accidentes entre las rotondas y las intersecciones en cruz de la ciudad, es fácil encontrar la diferencia entre estos valores, lo que permite concluir que las rotondas, verdaderamente, disminuirían la severidad de accidentes de transporte en la ciudad de Lima.

Sin embargo, las autoridades y las entidades encargadas de administrar los espacios públicos deben comprender que el diseño de la ciudad es para beneficiar a las personas y la toma de decisiones no depende únicamente de cifras y análisis cuantitativos. Es decir, las personas, su comportamiento y su opinión debe ser también parte de la base del planteamiento de una solución para la mejora del diseño de la ciudad. Dentro de este marco de análisis se puede notar que la rotonda en análisis no brinda tranquilidad y seguridad a los peatones. Es decir la seguridad percibida por los peatones en esta rotonda es bastante baja, lo cual se ve reflejado en las encuestas y en el comportamiento asumido. Además, es necesario indicar que el 100% de los encuestados opina que la rotonda debería contar con semáforos vehiculares.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo 5, se puede hacer un análisis más profundo sobre el funcionamiento de una rotonda y reconocer las zonas donde hay mayor y menor seguridad para los peatones. De ello se concluye que la velocidad de los vehículos no es algo determinante para que la percepción de la seguridad por los peatones sea alta. Esto se evidencia en que a menor cantidad de peatones les fue más fácil cruzar el lado de ingreso, donde

la velocidad de los vehículos es menor y a mayor cantidad de peatones le fue más fácil de cruzar el lado de salida, donde la velocidad de vehículos fue mayor. Además, esta conclusión también se ve reflejada en las líneas de deseo y el comportamiento que los peatones asumen al cruzar; es decir, en el lado de mayor velocidad vehicular hubo mayor dispersión de líneas de deseo, poca cantidad de peatones titubeó y no muchos peatones se detuvieron en los carriles. En cambio, en el lado de menor velocidad vehicular, todos los peatones respetaron los límites del cruce peatonal, mayor cantidad de peatones titubeó y fueron muchos más los peatones que se detuvieron en los carriles. Sin embargo, el titubeo puede deberse a las características específicas del contexto debido a la proximidad del paradero, es así que la falta de visibilidad puede ser un factor determinante que cause esta reacción en los peatones.

Respecto a los aspectos que más incomodan a los peatones del funcionamiento de la rotonda, se aprecia que, a pesar de no ser el enfoque de la tesis, a gran parte de los encuestados le incomoda la inseguridad ciudadana, lo cual posiblemente afecte sus desplazamientos y haga más veloces sus movimientos, adquiriendo así una velocidad aproximada de 1.35 m/s, comparada con una velocidad promedio obtenida de MUTC (2009) que indica 1.07 m/s.

Finalmente, durante las observaciones no hubo presencia de peatones con movilidad reducida o algún tipo de limitación física y, según las encuestas, tampoco los peatones ven con frecuencia a este grupo de usuarios, lo que no permite llegar a ninguna conclusión al respecto. Sin embargo, es necesario recordar que las condiciones de accesibilidad y diseño universal no cumplieron para el óvalo en análisis de acuerdo a las listas de chequeo, por lo que éste puede ser el gran motivo por el cual los peatones con movilidad reducida no se desplazan por el óvalo Angélica Gamarra.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo al proyecto 3-78a del ITRE de la NCSU (2010), los diseños en las rotondas deben incluir un cruceo peatonal en desnivel respecto a la calzada y se debe colocar un semáforo con luz intermitente para que brinden un diseño accesible para peatones con habilidades diferentes. Sin embargo, a pesar de que la rotonda en análisis cumple con estas recomendaciones, no brinda la seguridad esperada.

Otro de los análisis de esta entidad se basa en colocar un detector de vehículos a la salida de la rotonda y un dispositivo al lado del cruceo peatonal que brinde mensajes a los peatones sobre los vehículos que se aproximan, asimismo, colocar el cruceo peatonal a aproximadamente 31 metros de la rotonda, lo que aumentaría el tiempo de desplazamiento de los peatones. Posiblemente, este tipo de soluciones sí sean capaces de brindar la seguridad deseada a los usuarios vulnerables y accesibilidad a los peatones con habilidades diferentes; sin embargo, no cumple con los criterios de diseño universal, debido al uso de dispositivos especiales con un costo elevado y a que se perjudica el tiempo de desplazamiento de los peatones, lo vuelve a llamar a la reflexión de un diseño para las personas y no para los vehículos, donde no se perjudiquen las condiciones del peatón y se respeten sus derechos.

Mediante un análisis cuantitativo, se pudo ver que las intersecciones con semáforos no tienen mejores resultados que las rotondas en cuanto a seguridad sustantiva. Sin embargo, las intersecciones semaforizadas brindan un espacio de tiempo adecuado para ordenar el paso de vehículos y peatones, por lo que si ambos agentes respetan las normas y son conscientes de sus obligaciones y sus derechos, el funcionamiento de la intersección podría ayudar a incrementar no sólo la seguridad percibida, sino también la seguridad sustantiva. De la misma forma, en el artículo 63 del decreto supremo N° 016-2009-MTC, se indica que el peatón tiene la preferencia sobre los vehículos por más de que no haya presencia de semáforos o agentes de la policía nacional del Perú siempre y cuando realice el cruce de manera directa a la acera opuesta y no diagonal y

además cuando los vehículos que se aproximan se encuentren a una distancia tal que no representen un peligro de atropello. Si se logra que todos, o al menos la mayoría de los usuarios, respeten esta norma y otras relacionadas, posiblemente se obtendría un resultado más aceptable en cuanto a seguridad percibida y seguridad sustantiva.

Por lo explicado anteriormente, se concluye que la solución no solo se encuentra en aplicaciones prácticas de los diseños recomendados o la promulgación de nuevas normas, sino en un cambio del comportamiento de todos los usuarios. Para lo cual se recomienda realizar campañas de seguridad vial y educación cívica que permita a las personas desenvolverse como mejores ciudadanos. Se recomienda a la vez, mejorar el entorno, debido a que la inseguridad ciudadana es percibida como alta y posiblemente se deba a ello que la velocidad de sus desplazamientos es también alta.

REFERENCIAS

Academia Nacional de Ingeniería - Instituto del transporte (2013). *Ingeniería de seguridad vial: Puntos negros de concentración de muertes en accidentes viales*. Documento N°7 Buenos Aires- República de Argentina.

ADA American with disabilities act. Recurso electrónico del gobierno de los Estados Unidos, 2010. http://www.ada.gov/regs_2010/2010ADASTandards/2010ADASTandards.htm#c4. Consultado el 4 de abril del 2015.

BID (2004). Guía operativa de accesibilidad para proyectos de desarrollo urbano con criterios de diseño universal. Rio de Janeiro, Brasil.

Bañón, L., Beviá, J. (2000). *Manual de carreteras. Volumen I: Elementos y proyecto*. España.

BarrerasArquitectónicas.es (2009). *Diseño universal. Portal web sobre arquitectura accesible*. Madrid, España. <http://www.mldm.es/BA/02.shtml>. Consultado el 18 de oct. de 2014.

CUD (2008). NC State University. *Principles of Universal Design*. The center for universal design. Carolina del Norte, USA. <http://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/>. Consultado 25 de abril del 2015.

Dextre, J., Pirota, M., Tabasco, C., Bermúdez J., García, A. (2008). *Vías humanas*. Lima, Perú.

Dextre, J. (2014). *Notas en torno a la seguridad vial. Una revisión desde las ciencias sociales*. Lima, Perú. Documentos de análisis geográfico. Vol. 60. N°2. Pp. 419-433.

Dewar, R., (2002) Factores humanos en la seguridad del tráfico. Capítulo 18: *Pedestrians and Bicyclists*, Arizona, USA.

Dextre, J. (2001). *Curso de ingeniería de tráfico: seguridad vial*. Lima, Perú.

Dirección General de Tráfico del Ministerio del interior de Madrid (2011). *Movilidad segura de los colectivos más vulnerables. La protección de peatones y ciclistas en el ámbito urbano*. Madrid, España.

DMRB (2007). *Road geometry*. Design Manual for road and bridges Vol.6, Sección 2 Junctions Parte 3. Londres, Inglaterra.

Ekberg J. (2000). *Un paso adelante. Diseño para todos*. Proyecto INCLUDE. CEAPAT-IM-SERSO, Madrid, España.

FHWA (2010). *Roundabouts*. Federal Highway Administration. Washington, USA. Department of Transportation. Consultado 20 de octubre 2014 <http://safety.fhwa.dot.gov/intersection/roundabouts/fhwasa10006/#s1>

FHWA (2006). *University Course on Bicycle and Pedestrian Transportation*. Federal Highway Administration. Washington, USA.

FHWA (2006). *Road Safety Audit Guidelines*. Federal Highway Administration. Washington, USA.

FHWA (2004). *Signalized intersections: Informational guide*. Federal Highway Administration. Washington, USA.

FHWA (2000) *Roundabouts: An informational guide*. Federal Highway Administration. Washington, USA.

Fernandez, R., Dextre, J. (2011). *Elementos de la teoría del tráfico*. Primera edición. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Fundación ONCE para la cooperación e inclusión social de personas con discapacidad (2011). *Accesibilidad universal y diseño para todos – Arquitectura y urbanismo*. Madrid, España.

Gestión de Transporte Urbano– Municipalidad Metropolitana de Lima (2013). *Accidentes de tránsito ocurridos entre el 2010 y el 2013*.

Guth, D., Long, R., Wall, R., Ponchillia, P., (2013). *Bling and sighted pedestrian's judgments at a single – lanes roundabout*. Tennessee, USA. *Human Factors* 55 (3) :632-642.

Institute of transportation engineers (1999). *Herramientas de seguridad vial*. Washington, USA.

INEI (2013). Cifras demográficas de Lima, Perú. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>. Consultado el 11 de abril del 2015.

MUTCD (2009). Chapter 3C. “*Roundabout Markings*”. Manual on Uniform Traffic Control Devices. Washington, USA. Consultado el 4 de abril del 2015 <http://mutcd.fhwa.dot.gov/htm/2009/part3/part3c.htm#section3C05>

MUTCD (2009). Chapter 7C. “*Markings*”. Manual on Uniform Traffic Control Devices. Washington, USA. Consultado el 4 de abril del 2015 <http://mutcd.fhwa.dot.gov/htm/2003/part7/part7c.htm>

Maryland department of transportation (2010). *Accesibility Policy and Guidelines for Pedestrian Facilities along State Highways*. Maryland, USA.

Gasulla, M. (2012). *Estudio de mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante microsimulación de tráfico. Aplicación a la intersección de la CV-50 con la CV-401, en el sale (T.M. Valencia)* Tesina de la facultad de Ingeniería de Caminos Canales y Puertos con mención a la especialidad en transportes I, urbanismo y ordenación del territorio. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. España.

MTC (2000). *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras*. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y

Construcción - http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/Transito/index.htm. Consultado el 11 de mayo del 2015. Perú.

NACTO (2011). *Street design elements: Sidewalks*. National Association of City Transportation Officials. Nueva York, USA. Consultado el 4 de abril del 2015.

NCHRP (2007). *Report 572 Roundabouts in the United States*. National cooperative highway research program. Washington, USA.

NCHRP (2004). *Applying roundabouts in the United States*. Status Report to the committee on Highway Capacity and Quality of Service. Washington, D.C., Estado Unidos.

NCSU, ITRE (2010). *Crossing solutions for pedestrians with vision disabilities at roundabouts and channelized turn lanes*. North Carolina State University and Institute for Transportation Research and Education. Carolina del Norte, USA.

OMS (2013a). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013. Apoyo al decenio de acción*. Organización Mundial de la Salud. Suiza.

OMS (2013b). *Seguridad peatonal: Manual de seguridad vial para instancias decisorias y profesionales*. Organización Mundial de la Salud. Suiza.

OMS (2011). *Hoja informativa: Seguridad Peatonal*. Organización Mundial de la Salud. Suiza. Área de desarrollo sostenible y salud ambiental (SDE). Suiza.

Quistberg, A., Koepsell, D., Boyle, L., Miranda, J. (2014). *Pedestrian signalization and the risk of pedestrian-motor vehicle collisions in Lima, Perú*. Accident Analysis and Prevention. Pp. 273-281.

RNE (2011). *Norma Técnica GH.020, Capítulo II, Diseño de vías, Art. 23*. Municipalidad Metropolitana de Lima. Lima, Perú.

Talavera, R., Soria, J., Valenzuela, L. (2014). *La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana*. Documentos de análisis geográfico. Vol. 60. N°1. Pp.161-187. Granada, Nicaragua.

