

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



---

**ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD Y LA ACCESIBILIDAD VEHICULAR EN EL  
REDONDEL MONSEÑOR OSCAR ARNULFO ROMERO, SAN MIGUEL**

---

**PRESENTAN:**

BONILLA GÁLVEZ BLANCA ROSELVY  
QUINTANILLA FUNES JOSELINE GISSELLE  
ZELAYA RIVERA ELIZABETH MICHELLE

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

INGENIERO CIVIL

**DOCENTE ASESOR:**

ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA DE ORIENTE, AGOSTO DE 2021

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



---

**ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD Y LA ACCESIBILIDAD VEHICULAR EN EL  
REDONDEL MONSEÑOR OSCAR ARNULFO ROMERO, SAN MIGUEL**

---

**PRESENTAN:**

BONILLA GÁLVEZ BLANCA ROSELVY  
QUINTANILLA FUNES JOSELINE GISSELLE  
ZELAYA RIVERA ELIZABETH MICHELLE

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

INGENIERO CIVIL

**DOCENTE ASESOR:**

ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA DE ORIENTE, AGOSTO DE 2021

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**  
**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS

**VICERRECTOR:**

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA

**SECRETARÍA GENERAL:**

ING. FRANCISCO ALARCÓN

**FISCAL GENERAL:**

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**DECANO:**

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

**VICEDECANO:**

LIC. OSCAR VILLALOBOS

**SECRETARÍA:**

LIC. ISRAEL LÓPEZ MIRANDA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:****DOCENTE DIRECTOR:**

---

ING. RIGOBERTO LÓPEZ

**COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN:**

---

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA

## AGRADECIMIENTOS

A nuestro Dios Todopoderoso, porque con su bendición a cada instante nos permitió culminar nuestra carrera, dándonos salud, sabiduría, perseverancia y venciendo todas las pruebas que se nos presentaron a lo largo de este camino;

A la Universidad de El Salvador, por ser nuestra mentora y por proporcionarnos el medio para aumentar y adquirir nuestros conocimientos, también por habernos permitido convertirnos en Profesionales;

A nuestro Docente director, Ing. Rigoberto López por su valiosa ayuda en el desarrollo de este proyecto;

A la coordinadora de Proyectos de Graduación, Ing. Milagro de María Romero de García, por su valiosa colaboración para el culmen de este proyecto;

A los ingenieros, Manuel Dolores Quintanilla Quintanilla y Arístides Mauricio Perla López por su valioso tiempo desempeñando su labor de jurados en la exposiciones y defensa final de esta tesis;

A todos los docentes que a lo largo de los años de estudio compartieron con nosotras todos sus conocimientos;

A nuestros familiares y amigos que de una u otra forma aportaron desde sus conocimientos alguna ayuda para la realización de esta investigación;

**Roselvy, Joseline y Michelle.**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencia.

Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento a pesar de todas las dificultades, por los valores inculcados y sobre todo por su excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser mi apoyo incondicional que con su amor y respaldo me ayudan a obtener mis objetivos.

A Alex, por haberme apoyado en las buenas y malas, por su paciencia y su amor.

A mis roomies, Ele y Mary por convertirse en mi familia a lo largo de todos estos años.

Michelle y Joseline, gracias por haber hecho este largo camino más bonito y llevadero, son las mejores amigas y compañeras de tesis (si se puede terminar la tesis y seguir siendo amigas, nosotras pudimos).

**Roselvy Bonilla**

DEDICO ESTE TRIUNFO:

A **DIOS TODOPODEROSO**: Por permitirme alcanzar esta meta, por darme la sabiduría necesaria, las fuerzas en los momentos difíciles y la perseverancia para nunca rendirme, porque tengo la certeza que Él es la fuente de todas las bondades de mi vida.

A **MIS PADRES**: Ana Daysi Funes de Quintanilla y José Ebanan Quintanilla Gómez, por haberme enseñado temor de Dios, valores y principios y por ser siempre mi apoyo más grande y los pilares que me sostienen, gracias a ustedes por su amor incondicional, por su ejemplo de vida y de trabajo y por proporcionarme todo lo necesario para lograr este objetivo.

A **MIS HERMANOS**: William Antonio Quintanilla Funes y Daysi Julissa Quintanilla Funes por brindarme su apoyo incondicional en todo momento y por creer en mí siempre.

A **MI FAMILIA**: Por todas las palabras de aliento y por expresarme su apoyo en todas las maneras posibles.

A **MIS AMIGOS**: Quienes me alentaron, me aconsejaron y me brindaron su apoyo en cada momento que los necesité.

A **MIS COMPAÑERAS**: Blanca Roselvy Bonilla Gálvez y Elizabeth Michelle Zelaya Rivera por todo su esfuerzo aportado a este trabajo, que hemos tenido la dicha de realizar juntas, pues más que compañeras son amigas en las que puedo confiar y con las que sé que podré contar siempre.

**Joseline Quintanilla**

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme culminar con éxitos mi carrera universitaria; por ayudarme, guiarme y sostener mi mano en todo momento, porque siempre estuvo conmigo y me puso a las personas idóneas en mi camino.

A mi amadísima abuela Abelina Rivera le doy gracias por siempre cuidarme, estar conmigo, amarme mucho y ayudarme.

Gracias a mi madre Adelina Elizabeth Rivera por su amor incondicional, todo el apoyo en estos años de carrera, por siempre impulsarme a seguir adelante, darme los mejores consejos, le dedico mi triunfo obtenido por su esfuerzo y sacrificio, hoy te digo mami que todo tiene su recompensa y que te amo.

A mis tías, Elvira de Jesús Rivera y Rosita de Claros por apoyarme siempre y alegrarse de todos mis pequeños triunfos, mis primas, Karen que siempre me apoyo al igual que Sabrina (Q.E.P.D.); A Felicita de la O por haberme cuidado siempre y preocuparse por mí.

A mis amigas y compañeras de tesis Roselvy Bonilla y Joseline Quintanilla por ser siempre un pilar para mí, gracias niñas porque siempre me impulsaron a ser mejor, y por estar conmigo dándome su ayuda, apoyo y cariño, yo siempre dije que los amigos son la familia que uno escoge y siempre estaré agradecida con Dios por ponerlas en mi camino, al igual que a mis dos queridísimos amigos Francisco Gavidia y Juan Carlos Sorto su apoyo siempre fue uno de los mejores.

**Michelle Zelaya**



## CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>23</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>24</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>25</b>
<b>CAPITULO I: ANTEPROYECTO</b> .....	<b>27</b>
1.1    INTRODUCCIÓN .....	28
1.2    DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA .....	29
1.2.1    Antecedentes .....	29
1.2.2    Enunciado del Problema .....	30
1.2.3    Planteamiento del Problema .....	30
1.2.4    Justificación .....	31
1.3    OBJETIVOS .....	32
1.3.1    Objetivo General .....	32
1.3.2    Objetivos Especificos .....	32
1.4    DELIMITACION.....	33
1.4.1    Alcances .....	33
1.4.2    Limitaciones .....	33
1.5    METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....	34
1.5.1    Tipo de la Investigación .....	34
1.5.2    Situación Actual .....	34
1.5.3    Unidades de Análisis .....	36
1.5.4    Variables y Medición.....	37
1.5.4.1    Definición de las Variables .....	37
1.5.4.2    Indicadores y su Medición. ....	39
1.5.5    Técnicas y Procedimientos a Emplearse en la Recopilación de Información .....	43
1.5.6    Instrumentos de Medición .....	44
1.5.7    Estudios Ingenieriles y Técnicos .....	45

<b>CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>46</b>
2.1 INTRODUCCION.....	47
2.2 MARCO HISTÓRICO .....	48
2.3 MARCO NORMATIVO .....	52
2.3.1 Ley de Carreteras y Caminos Vecinales .....	52
2.3.2 Reglamento General de Transito y Seguridad Vial.....	53
2.3.3 Ley de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial .....	54
2.3.4 Ley Especial de Transporte de Carga.....	54
2.3.5 Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.....	55
2.4 MARCO CONCEPTUAL .....	63
2.4.1 Aplicación de la Topografía a las Carreteras. ....	63
2.4.1.1 Estudio Topográfico Del Trazado.....	65
2.4.2 Diseño Geométrico de Carreteras .....	66
2.4.3 Ingeniería de Transito .....	68
2.4.4 Estudios de Ingeniería de Transito .....	68
2.4.4.1 Estudios de Velocidad .....	69
2.4.4.2 Estudios de Volumen.....	71
2.4.5 Análisis del Flujo Vehicular.....	76
2.4.5.1 Variables Relacionadas con el Flujo.....	77
2.4.5.2 Variables Relacionadas con la Velocidad.....	79
2.4.5.3 Variables Relacionadas con la Densidad .....	79
2.4.5.4 Concepto de Nivel de Servicio. ....	81

## CAPITULO III: SITUACION ACTUAL Y GENERALIDADES DEL AREA DE

<b>ESTUDIO.....</b>	<b>84</b>
3.1 INTRODUCCIÓN .....	85
3.2 UBICACIÓN Y ASPECTOS RELEVANTES DE LA CIUDAD .....	86
3.2.1 <i>Ubicación Geográfica y Demografía</i> .....	86
3.2.2 <i>El Relieve y la Topografía</i> .....	88
3.2.3 <i>El Clima</i> .....	88
3.3 ESTRUCTURAS HIDRAULICAS EXISTENTES EN LA INTERSECCIÓN.....	89
3.3.1 <i>Cordón Cuneta</i> .....	89
3.3.2 <i>Tragantes</i> .....	90
3.3.3 <i>Pozos</i> .....	90
3.4 ESTADO DE LA CAPA DE RODADURA DE LA INTERSECCIÓN .....	93
3.4.1 <i>CA-1 San Miguel</i> .....	93
3.4.2 <i>CA-1 La Unión</i> .....	94
3.4.3 <i>El Delirio - San Miguel</i> .....	97
3.5 SEÑALIZACIÓN EXISTENTE EN LA INTERSECCIÓN.....	98
3.5.1 <i>Señales</i> .....	98
3.6 CONTAMINACIÓN VISUAL EN LA INTERSECCIÓN.....	102
3.6.1 <i>Publicidad</i> .....	102
3.6.2 <i>Árboles</i> .....	103
3.6.3 <i>Estructuras Especiales</i> .....	104
3.7 ESTUDIO TOPOGRAFICO .....	106
3.8 DIMENSIONES DE LA INTERSECCION .....	108
3.9 ANALISIS DE LAS VIAS QUE CONVERGEN EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	109
3.9.1 <i>Generalidades</i> .....	109
3.9.2 <i>Periodos De Aforo</i> .....	109

	11
3.9.3	<i>Determinación De Volúmenes</i> .....110
3.9.4	<i>Clasificación Vehicular</i> .....114
3.9.5	<i>Cálculo del Transito Diario (TD)</i> .....116
3.9.6	<i>Transito Promedio Diario Semanal (TPDS)</i> .....119
3.9.7	<i>Transito Mensual (TM)</i> .....121
3.9.8	<i>Transito Promedio Diario Anual (TPDA)</i> .....126
3.9.9	<i>Intensidad Horaria de Cada Arteria</i> .....128
3.9.10	<i>Proyección del Tráfico Vehicular</i> .....135
3.9.11	<i>Tasa de Crecimiento Vehicular</i> .....135
3.9.12	<i>Proyección Vehicular</i> .....136
3.10	<b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN</b> .....141
3.10.1	<i>Cálculo de la Intensidad del Tráfico Anular</i> .....142
3.10.2	<i>Cálculo de las Variables K, F Y Fc</i> .....144
3.10.3	<i>Cálculo de la Capacidad de Entrada</i> .....146
3.10.4	<i>Calculo de la Capacidad Teórica de un Redondel</i> .....147
3.10.5	<i>Comparación de la Capacidad Teórica y la Capacidad Empírica</i> .....149
3.11	<b>DIAGNOSTICO DEL TRANSPORTE</b> .....151
3.11.1	<i>Análisis del Transporte Colectivo</i> .....151
3.11.2	<i>Análisis del Transporte de Carga</i> .....154
3.11.3	<i>Análisis del Parque Vehicular de las Zonas Aledañas</i> .....157
3.12	<b>NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN</b> .....170
3.12.1	<i>Datos Generales para Determinar Nivel de Servicio</i> .....171
3.12.2	<i>Cálculo del Flujo de Servicio (Sfi) de las Arterias</i> .....173
3.12.3	<i>Convertir el Flujo de la Demanda Horaria (V, En Vph) en Flujo Equivalente</i> .....178

## CAPITULO IV: ANÁLISIS DE TRÁFICO PARA LA PROPUESTA DE DISEÑO

<b>GEOMÉTRICO.</b>	<b>.....</b>	<b>179</b>
4.1	INTRODUCCIÓN .....	180
4.2	ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD. ....	181
4.3	DISEÑO GEOMÉTRICO. ....	185
4.4	CÁLCULO DEL TPDA ESPERADO.....	186
4.4.1	<i>Cálculo del Transito Diario Esperado (TD)</i> .....	187
4.4.2	<i>Transito Promedio Diario Semanal Esperado (TPDS)</i> .....	190
4.4.3	<i>Transito Mensual Esperado (TM)</i> .....	191
4.4.4	<i>Transito Promedio Diario Anual Esperado (TPDA)</i> .....	194
4.5	CÁLCULO DE LA INTENSIDAD ESPERADA. ....	195
4.6	PROYECCIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR. ....	199
4.7	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ESPERADA. ....	202
4.7.1	<i>Cálculo de la Intensidad del Tráfico Anular</i> .....	202
4.7.2	<i>Cálculo de las Variables K, F Y F<sub>c</sub></i> .....	203
4.7.3	<i>Cálculo de la Capacidad de Entrada</i> .....	206
4.8	NIVELES DE SERVICIO ESPERADOS. ....	208
4.8.1	<i>Datos Generales para Determinar Nivel de Servicio</i> .....	209
4.8.2	<i>Cálculo del Flujo de Servicio (Sfi) de las Arterias</i> .....	211
4.8.3	<i>Convertir el Flujo de la Demanda Horaria (V, En Vph) en Flujo Equivalente</i> .....	216
4.9	OTRAS PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO.....	218
4.9.1	<i>Mejoras De Señalización</i> .....	218
4.9.2	<i>Mejoras de la Visibilidad</i> .....	222
4.9.3	<i>Mejoras a La Capa de Rodadura</i> .....	224
4.10	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SITUACIÓN ACTUAL CON LA PROPUESTA DE DISEÑO. .	230
4.10.1	<i>Análisis Comparativo del TPDA y el TPDA Esperado</i> .....	230

4.10.2	<i>Análisis Comparativo de la Intensidad Horaria Calculada y la Intensidad Horaria Esperada</i> .....	232
4.10.3	<i>Análisis Comparativo de la Capacidad Actual y la Capacidad Esperada</i> .....	233
4.10.4	<i>Análisis Comparativo de los Niveles de Servicio Actuales y los Niveles de Servicio Esperados</i> .....	234
4.11	CONSIDERACIONES DE MEJORAS A CORTO PLAZO. ....	236
4.11.1	<i>Desviación del Transporte Pesado al Periférico Gerardo Barrios</i> .....	236
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b> .....		<b>238</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	239
5.2	RECOMENDACIONES .....	240
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b> .....		<b>241</b>
<b>ANEXO 1: PLANO DEL FLUJO VEHICULAR Y PUNTOS DE INTERSECCIÓN.</b> .....		<b>243</b>
<b>ANEXO 2: PLANO DE UBICACIÓN.</b> .....		<b>244</b>
<b>ANEXO 3: PLANO DE LA GEOMETRÍA ACTUAL DEL REDONDEL.</b> .....		<b>245</b>
<b>ANEXO 4: PLANO DE PLANTA Y SEÑALIZACION ACTUAL DEL REDONDEL.</b> ...		<b>246</b>
<b>ANEXO 5: DETALLES DEL REDONDEL Y DIRECCION DE FLUJO.</b> .....		<b>247</b>
<b>ANEXO 6: ZONA DE INFLUENCIA.</b> .....		<b>248</b>
<b>ANEXO 7: PLANO DE PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO.</b> .....		<b>249</b>
<b>ANEXO 8: PLANO DE LA PROPUESTA GEOMÉTRICA SEÑALIZADA.</b> .....		<b>250</b>
<b>ANEXO 9: PLANO DE VISTA DE PLANTA DE LA PROPUESTA GEOMÉTRICA.</b> ..		<b>251</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 FLUJO VEHICULAR EN EL REDONDEL.....	35
FIGURA 1.2 MAPA COMPLETO DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO MÁS INFLUYENTES.....	35
FIGURA 2.1 PROPUESTA DE CARRIL DIRECTO LA UNIÓN – SAN MIGUEL.....	51
FIGURA 2.2 VISTA DE PLANTA DEL CARRIL DIRECTO.....	51
FIGURA 2.3 ALGUNOS TIPOS DE ROTONDA.....	56
FIGURA 2.4 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	58
FIGURA 2.5 INTERVALO PROMEDIO.....	79
FIGURA 2.6 DENSIDAD O CONCENTRACIÓN.....	80
FIGURA 2.7 ESPACIAMIENTO PROMEDIO.....	81
FIGURA 3.1 UBICACIÓN EN EL MAPA DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.....	86
FIGURA 3.2 MAPA DE LAS CURVAS DE NIVEL.....	87
FIGURA 3.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO (ANEXO 2).....	87
FIGURA 3.4 CORDÓN CUNETA.....	89
FIGURA 3.5 TRAGANTES EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA DEL REDONDEL.....	90
FIGURA 3.6 POZOS DE AGUAS NEGRAS.....	91
FIGURA 3.7 POZO DE AGUAS LLUVIAS.....	91
FIGURAS 3.8 POZOS DE AGUA POTABLE.....	92
FIGURA 3.9 FISURAS EN BLOQUES DE SEVERIDAD MEDIA.....	93
FIGURA 3.10 FISURA TRANSVERSAL.....	94
FIGURA 3.11 HUNDIMIENTO.....	94
FIGURA 3.12 FISURAS TRANSVERSALES EN EL PAVIMENTO.....	95
FIGURA 3.13 DESINTEGRACIÓN POR PELADURA EN TRATAMIENTO ASFALTICO.....	95
FIGURA 3.14 DESGASTE DE CARPETA.....	96
FIGURA 3.15 AGRIETAMIENTO EN BORDES SEVERIDAD ALTA.....	96
FIGURA 3.16 TRAMOS DE CARRETERA EN BUEN ESTADO.....	97
FIGURA 3.17 SEÑAL DE ALTO, CA-1 LA UNION.....	98
FIGURA 3.18 SEÑAL DE ALTO, EL DELIRIO – SAN MIGUEL.....	99

FIGURA 3.19 SEÑAL DE CEDA EL PASO, CA-1 SAN MIGUEL .....	99
FIGURA 3.20 SEÑALES INFORMATIVAS .....	100
FIGURA 3.21 DEMARCACIÓN HORIZONTAL .....	101
FIGURA 3.22 VALLAS PUBLICITARIAS .....	102
FIGURA 3.23 ÁRBOLES QUE INTERFIEREN CON LA VISIBILIDAD .....	103
FIGURA 3.24 ESTRUCTURAS ESPECIALES .....	104
FIGURA 3.25 ESTRUCTURAS ESPECIALES DE TEMPORADA .....	105
FIGURA 3.26 FICHA DE DATOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	107
FIGURA 3.27 CLASIFICACIÓN VEHICULAR .....	115
FIGURA 3.28 COMPARACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CADA ENTRADA .....	135
FIGURA 3.29 VARIABLES QUE DEPENDEN DE LA GEOMETRÍA .....	144
FIGURA 3.30 GRÁFICO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD .....	149
FIGURA 3.31 GRAFICO COMPARATIVO DE LA DEMANDA Y LA CAPACIDAD .....	150
FIGURA 3.32 GRÁFICO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD Y LA INTENSIDAD MÁXIMA .....	150
FIGURA 3.33 DIMENSIONES Y REQUERIMIENTOS PARA GIROS .....	156
FIGURA 3.34 COMPARACIÓN SEGÚN EL TIPO DE TRANSPORTE .....	157
FIGURA 3.35 ENCUESTA REALIZADA EN LÍNEA (A) .....	161
FIGURA 3.36 ENCUESTA REALIZADA EN LINE (B) .....	162
FIGURA 3.37 ENCUESTA REALIZADA EN LÍNEA (C) .....	163
FIGURA 3.38 PORCENTAJE DE HOMBRES Y MUJERES QUE REALIZARON LA ENCUESTA .....	164
FIGURA 3.39 EDADES DE LAS PERSONAS QUE RESPONDIERON LA ENCUESTA .....	164
FIGURA 3.40 ZONA DE RESIDENCIA DE LOS ENCUESTADOS .....	165
FIGURA 3.41 TIPO DE VEHÍCULO QUE POSEEN LOS ENCUESTADOS .....	165
FIGURA 3.42 NUMERO DE VIAJES QUE REALIZAN AL DÍA LAS PERSONAS ENCUESTADAS .....	166
FIGURA 3.43 VECES QUE CIRCULAN POR EL REDONDEL EN PROMEDIO LAS PERSONAS ENCUESTADAS .....	166
FIGURA 3.44 TIEMPO DE ESPERA PARA PODER INCORPORARSE AL REDONDEL .....	168
FIGURA 4.1 CAPACIDAD DE ACERCAMIENTO PARA ROTONDAS .....	182



FIGURA 4.2 APLICACIÓN DEL GRAFICO DE LA CAPACIDAD DE ACERCAMIENTO .....	183
FIGURA 4.3 COMPARACIÓN DE LA INTENSIDAD DE CADA ENTRADA.....	198
FIGURA 4.4 VARIABLES QUE DEPENDEN DE LA GEOMETRÍA.....	203
FIGURA 4.5 COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD ESPERADA Y LA CAPACIDAD TEÓRICA. ....	207
FIGURA 4.6 CARTEL DE PRE – SEÑALIZACIÓN ANEXO 8 .....	218
FIGURA 4.7 SEÑALES PREVIAS A LA ROTONDA ANEXO 8.....	219
FIGURA 4.8 SEÑAL DE ENTRADA A LA ROTONDA ANEXO 8.....	219
FIGURA 4.9 SEÑAL DE LA CALZADA ANULAR ANEXO 8. ....	220
FIGURA 4.10 SEÑAL DE SALIDA DE LA ROTONDA ANEXO 8.....	220
FIGURA 4.11 LÍNEAS DE PASO PEATONAL ANEXO 8.....	221
FIGURA 4.12 LÍNEAS DE ALTO. ....	222
FIGURA 4.13 LÍNEAS DE CENTRO ANEXO 8. ....	222
FIGURA 4.14 DESPOSTILLAMIENTO DE JUNTA.....	225
FIGURA 4.15 DEFICIENCIAS DEL SELLADO. ....	226
FIGURA 4.16 GRIETAS LONGITUDINALES.....	228
FIGURA 4.17 GRIETAS TRANSVERSALES. ....	229
FIGURA 4.18 GRÁFICO COMPARATIVO DEL TPDA.....	231
FIGURA 4.19 GRÁFICO COMPARATIVO DE LA INTENSIDAD.....	233
FIGURA 4.20 GRÁFICO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD.....	234
FIGURA 4.21 POSIBLE TRAYECTO DEL PERIFÉRICO GERARDO BARRIOS. ....	237

## INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 RANGOS PRÁCTICOS DE DISEÑO.....	57
TABLA 2.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN ROTONDAS .....	61
TABLA 2.3 ANCHO DE GIRO RECOMENDABLE PARA ROTONDAS, G, PARA VEHÍCULOS PESADOS. .	62
TABLA 2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS TERRENOS EN FUNCIÓN DE LAS PENDIENTES NATURALES. ....	65
TABLA 3.1 PARÁMETROS CLIMÁTICOS PROMEDIO DE SAN MIGUEL .....	88
TABLA 3.2 CONTEO VEHICULAR EN EL TRAMO CA-1 SAN MIGUEL .....	110
TABLA 3.3 CONTEO VEHICULAR EN EL TRAMO CA-1 LA UNIÓN .....	111
TABLA 3.4 CONTEO VEHICULAR EN EL TRAMO EL DELIRIO – SAN MIGUEL .....	112
TABLA 3.5 SUMATORIA DEL CONTEO EN CADA ARTERIA.....	113
TABLA 3.6 FACTOR DE EXPANSIÓN PARA NOCTURNIDAD.....	116
TABLA 3.7 CÁLCULO DEL TRANSITO DIARIO TRAMO CA-1 SAN MIGUEL .....	118
TABLA 3.8 CÁLCULO DEL TRANSITO DIARIO TRAMO EL DELIRIO – SAN MIGUEL .....	118
TABLA 3.9 CÁLCULO DEL TRANSITO DIARIO TRAMO CA-1 LA UNIÓN.....	119
TABLA 3.10 TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL CA-1 SAN MIGUEL .....	120
TABLA 3.11 TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL TRAMO EL DELIRIO - SAN MIGUEL.....	120
TABLA 3.12 TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL TRAMO CA-1 LA UNIÓN .....	121
TABLA 3.13 FACTOR DE EXPANSIÓN POR MES .....	122
TABLA 3.14 CÁLCULO DEL TRANSITO MENSUAL TRAMO CA-1 SAN MIGUEL.....	123
TABLA 3.15 CÁLCULO DEL TRANSITO MENSUAL EL DELIRIO - SAN MIGUEL .....	124
TABLA 3.16 CÁLCULO DEL TRANSITO MENSUAL TRAMO CA-1 LA UNIÓN .....	125
TABLA 3.17 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL CA-1 SAN MIGUEL .....	126
TABLA 3.18 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL EL DELIRIO - SAN MIGUEL .....	127
TABLA 3.19 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL CA-1 LA UNIÓN.....	127
TABLA 3.20 VOLUMEN EN HORA PUNTA EN EL TRAMO CA-1 SAN MIGUEL .....	128
TABLA 3.21 VOLUMEN EN HORA PUNTA EN EL TRAMO EL DELIRIO – SAN MIGUEL.....	128
TABLA 3.22 VOLUMEN EN HORA PUNTA EN EL TRAMO CA-1 LA UNIÓN.....	129
TABLA 3.23 VOLUMEN EN HORA MEDIA EN EL TRAMO CA-1 SAN MIGUEL.....	131

TABLA 3.24 VOLUMEN EN HORA MEDIA EN EL TRAMO CA-1 LA UNIÓN .....	132
TABLA 3.25 VOLUMEN EN HORA MEDIA EN EL TRAMO EL DELIRIO – SAN MIGUEL .....	132
TABLA 3.26 VOLUMEN EN HORA DE BAJA DEMANDA EN EL TRAMO CA-1 SAN MIGUEL .....	133
TABLA 3.27 VOLUMEN EN HORA DE BAJA DEMANDA EN EL TRAMO CA-1 LA UNIÓN.....	133
TABLA 3.28 VOLUMEN EN HORA DE BAJA DEMANDA EN EL TRAMO EL DELIRIO – SAN MIGUEL .	134
TABLA 3.29 INTENSIDAD MÁXIMA, MEDIA Y BAJA.....	134
TABLA 3.30 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL DE: CA-1 SAN MIGUEL PROYECTADO .....	138
TABLA 3.31 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL DE LA RUTA: CA-1 LA UNIÓN PROYECTADO...	139
TABLA 3.32 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL DE LA RUTA: SAN MIGUEL-DELIRIO PROYECTADO .....	140
TABLA 3.33 CORRECCIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO .....	143
TABLA 3.34 VALORES GEOMÉTRICOS DE CADA UNA DE LAS ARTERIAS.....	145
TABLA 3.35 VALORES DE K, F Y FC PARA TODAS LAS ARTERIAS.....	146
TABLA 3.36 SUMA DEL TPDA DE CADA ENTRADA DEL REDONDEL.....	152
TABLA 3.37 UNIDADES QUE INTERCEPTAN EL REDONDEL MONSEÑOR ROMERO.....	153
TABLA 3.38 DIÁMETRO DEL CIRCULO INSCRITO F REQUERIDO PARA CADA VEHÍCULO .....	155
TABLA 3.39 ANÁLISIS DEL TRANSPORTE PESADO.....	156
TABLA 3.40 NÚMERO DE VEHÍCULOS APROXIMADOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA.....	158
TABLA 3.41 NIVELES DE CONFIANZA.....	159
TABLA 3.42 TOTAL DE VECES DE CIRCULACIÓN POR LA INTERSECCIÓN .....	167
TABLA 3.43 TRANSITO EN HORA PUNTA .....	171
TABLA 3.44 ANCHO DE CADA ARTERIA.....	172
TABLA 3.45 PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS Y DE BUSES.....	174
TABLA 3.46 FACTOR DE VEHÍCULOS PESADOS PARA TIPOS DE TERRENO .....	174
TABLA 3.47 CONSIDERACIÓN DE LOS DIFERENTES NIVELES DE SERVICIO.....	175
TABLA 3.48 RESTRICCIÓN DE PASO SEGÚN EL TIPO DE TERRENO.....	176
TABLA 3.49 FACTORES DE AJUSTE POR DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRÁNSITO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES.....	177

TABLA 3.50 FLUJO DE SERVICIO PARA CADA ARTERIA QUE CONVERGE EN EL REDONDEL .....	177
TABLA 3.51 NIVEL DE SERVICIO DE CADA ARTERIA.....	178
TABLA 4.1 UMBRALES DE VOLUMEN PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE CARRILES DE ENTRADA REQUERIDOS.....	181
TABLA 4.2 FLUJO VEHICULAR PROMEDIO POR ARTERIA .....	183
TABLA 4.3 FLUJO MÁXIMO DE ENTRADA.....	184
TABLA 4.4 VOLUMEN DE VEHÍCULOS ESPERADOS PARA LA ENTRADA DE CA-1 LA UNIÓN. ....	186
TABLA 4.5 VOLUMEN TOTAL DE VEHÍCULOS ESPERADOS QUE CIRCULEN EN EL REDONDEL. ....	187
TABLA 4.6 TRÁNSITO DIARIO ESPERADO DEL TRAMO CA-1 LA UNIÓN.....	190
TABLA 4.7 TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL ESPERADO .....	191
TABLA 4.8 FACTOR DE EXPANSIÓN POR MES .....	192
TABLA 4.9 TRÁNSITO MENSUAL ESPERADO .....	193
TABLA 4.10 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL ESPERADO (TPDA) .....	194
TABLA 4.11 DEMANDA ESPERADA EN HORA PUNTA .....	195
TABLA 4.12 DEMANDA ESPERADA EN HORA MEDIA. ....	197
TABLA 4.13 DEMANDA ESPERADA EN HORA BAJA.....	197
TABLA 4.14 INTENSIDAD MÁXIMA, MEDIA Y BAJA ESPERADAS. ....	198
TABLA 4.15 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL DE LA RUTA CA-1 LA UNIÓN PROYECTADO....	201
TABLA 4.16 CORRECCIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO .....	202
TABLA 4.17 VALORES GEOMÉTRICOS DE CADA UNA DE LAS ARTERIAS .....	205
TABLA 4.18 VALORES DE K, F Y FC PARA TODAS LAS ARTERIAS.....	206
TABLA 4.19 TRANSITO EN HORA PUNTA .....	209
TABLA 4.20 ANCHO DE CADA ARTERIA.....	210
TABLA 4.21 PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS Y DE BUSES .....	212
TABLA 4.22 FACTOR DE VEHÍCULOS PESADOS PARA TIPOS DE TERRENO .....	212
TABLA 4.23 CONSIDERACIÓN DE LOS DIFERENTES NIVELES DE SERVICIO.....	213
TABLA 4.24 RESTRICCIÓN DE PASO SEGÚN EL TIPO DE TERRENO.....	214

TABLA 4.25 FACTORES DE AJUSTE POR DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRÁNSITO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES.....	215
TABLA 4.26 FLUJO DE SERVICIO PARA CADA ARTERIA QUE CONVERGE EN EL REDONDEL .....	215
TABLA 4.27 NIVEL DE SERVICIO DE CADA ARTERIA.....	217
TABLA 4.28 COMPARACIÓN ENTRE EL TPDA CALCULADO Y EL TPDA ESPERADO .....	231
TABLA 4.29 COMPARACIÓN ENTRE INTENSIDAD CALCULADA Y LA INTENSIDAD ESPERADA .....	232
TABLA 4.30 CUADRO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD ACTUAL Y LA CAPACIDAD ESPERADA.	233
TABLA 4.31 CUADRO COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE SERVICIO ACTUALES Y ESPERADOS..	235
TABLA 4.32 PORCENTAJE APROXIMADO DE TRANSPORTE PESADO QUE SERÁ DESVIADO .....	236

## INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 2.1 – CÁLCULO DE LA CAPACIDAD .....	59
ECUACIÓN 2.2 – LA TASA DE FLUJO.....	78
ECUACIÓN 2.3 – INTERVALO PROMEDIO .....	78
ECUACIÓN 2.4 – INTERVALO PROMEDIO .....	79
ECUACIÓN 2.5 – DENSIDAD O CONCENTRACIÓN .....	80
ECUACIÓN 2.6 – ESPACIAMIENTO PROMEDIO (A) .....	80
ECUACIÓN 2.7 – ESPACIAMIENTO PROMEDIO (B) .....	81
ECUACIÓN 3.1 - VOLUMEN DIARIO .....	116
ECUACIÓN 3.2 - TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL.....	119
ECUACIÓN 3.3 - TRANSITO MENSUAL .....	121
ECUACIÓN 3.4 - TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL .....	126
ECUACIÓN 3.5 - FACTOR DE HORA PICO .....	129
ECUACIÓN 3.6 - INTENSIDAD HORARIA .....	130
ECUACIÓN 3.7 - VOLUMEN PROYECTADO.....	136
ECUACIÓN 3.8 - VALOR DE K .....	144
ECUACIÓN 3.9 - VALOR DE F.....	144
ECUACIÓN 3.10 - VALOR DE $F_c$ .....	144
ECUACIÓN 3.11 - VALOR DE $T_D$ .....	144
ECUACIÓN 3.12 - VALOR DE $X_2$ .....	145
ECUACIÓN 3.13 - VALOR DE S.....	145
ECUACIÓN 3.14 - CÁLCULO DE LA CAPACIDAD TEÓRICA .....	148
ECUACIÓN 3.15 - CÁLCULO DE LA MUESTRA.....	159
ECUACIÓN 3.16 - CÁLCULO DEL FLUJO DE SERVICIO.....	173
ECUACIÓN 3.17 - CÁLCULO DEL FACTOR DE VEHÍCULOS PESADOS.....	173
ECUACIÓN 3.18 – FLUJO EQUIVALENTE.....	178
ECUACIÓN 4.1 VOLUMEN DIARIO.....	188
ECUACIÓN 4.2 - TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL.....	190

ECUACIÓN 4.3 - TRANSITO MENSUAL .....	191
ECUACIÓN 4.4 - TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL .....	194
ECUACIÓN 4.5 - FACTOR DE HORA PICO .....	196
ECUACIÓN 4.6 - INTENSIDAD HORARIA .....	196
ECUACIÓN 4.7 - VOLUMEN PROYECTADO.....	199
ECUACIÓN 4.8 - VALOR DE K .....	203
ECUACIÓN 4.9 - VALOR DE F .....	204
ECUACIÓN 4.10 - VALOR DE $F_c$ .....	204
ECUACIÓN 4.11 - VALOR DE $T_D$ .....	204
ECUACIÓN 4.12 - VALOR DE $X_2$ .....	204
ECUACIÓN 4.13 - VALOR DE S .....	204
ECUACIÓN 4.14 - CÁLCULO DEL FLUJO DE SERVICIO. ....	211
ECUACIÓN 4.15 - CÁLCULO DEL FACTOR DE VEHÍCULOS PESADOS.....	211
ECUACIÓN 4.16 – FLUJO EQUIVALENTE.....	216

## RESUMEN

Este trabajo consiste en seis capítulos, los cuáles se describen a continuación: Capítulo I: detalla la situación actual de la problemática existente en el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero; Capítulo II: en este capítulo se presenta el marco histórico que trata del contexto histórico del problema de congestiónamiento en la ciudad de San Miguel, en el marco normativo se presenta todo lo relacionado con las normas, leyes, reglamentos, y teoría relacionada a la ingeniería de tránsito, en el marco conceptual se hace referencia a la importancia de la topografía en el entorno del Diseño Geométrico de carreteras, donde se describe de manera específica el estudio del trazado; Capítulo III: describe la situación actual y generalidades del área de estudio; Capítulo IV: en este capítulo se pretende dar solución a algunos problemas que muchas veces se consideran de menor importancia pero que influyen en la movilidad y la accesibilidad vehicular en el redondel; Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.

*Palabras clave:* movilidad, accesibilidad vehicular, redondel, intersección, capacidad, intensidad horaria, nivel de servicio, flujo, TPDA.



## ABSTRACT

This thesis project consists of six chapters, which are: Chapter I: This chapter describes the current situation of the problem at Monsignor Oscar Arnulfo Romero's roundabout; Chapter II: This chapter presents the historical background that deals with the historical context related to the congestion in the city of San Miguel, the regulatory framework presents everything related to standards, laws, regulations, and theory related to the engineering of traffic, the conceptual framework describes the importance of topography in the geometric design of roads environment, where the study of the layout is specifically described; Chapter III: Describes the current situation and generalities of the study area; Chapter IV: This chapter aims to solve some problems that are often considered minor but they actually affect the mobility and vehicular accessibility in the roundabout; Chapter V: Conclusions and recommendations..

*Keywords:* mobility, vehicular accessibility, roundabout, intersection, capacity, hourly intensity, service level, flow, ADPT.

## INTRODUCCION

Las vías de comunicación han sido de vital importancia para el crecimiento económico de los países, pero con el paso de los años y debido a la alta tasa de crecimiento vehicular se han evidenciado problemas referentes a congestionamientos. Los puntos conocidos como más críticos de esta red son las intersecciones.

Las rotondas han servido como solución en puntos de alta accidentalidad y congestionamiento. La característica fundamental de un redondel es que los vehículos que se encuentran dentro del anillo de circulación tienen prioridad sobre los vehículos que se encuentran en las diferentes entradas. Un redondel puede disminuir considerablemente la velocidad a la vez que disminuye también los puntos de conflictos de una intersección.

Un punto fundamental que determina el desempeño de un redondel es la capacidad. A partir del análisis de la capacidad es posible medir la calidad de operación establecida a través del nivel de servicio. La norma de diseño geométrico de carreteras, no dispone de una sección específica para determinar la capacidad de un redondel, por lo que es necesario generar una evaluación de los métodos utilizados a nivel mundial, con el fin de establecer la metodología que refleje de mejor manera el impacto que tienen los parámetros geométricos en la capacidad.

Lo que busca esta investigación, es analizar la movilidad y accesibilidad vehicular del Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, a través de estudios de tránsito, con el propósito de mejorar la capacidad y nivel de servicio, con lo cual se beneficiará directamente a todos los usuarios que diariamente transitan en dicho redondel.

Con la ayuda de la Ingeniería de tránsito, la ingeniería de caminos y algunas teorías estadísticas adaptadas a esta problemática es posible identificar la funcionalidad de una intersección en función de su movilidad y accesibilidad.

La capacidad y los niveles de servicio de un redondel dependen de la interacción entre su diseño, el comportamiento de los conductores y las características del tráfico, esto significa que aparte de estudiar los conflictos (nodos) que se generan en el redondel también se debe estudiar el tráfico que llega a él (a través de los arcos de red o carriles). La eficiencia de su comportamiento es máxima cuando la distribución de los orígenes y destinos está uniformemente repartida, resultando unos flujos de tráfico similares en todas las entradas y en las distintas partes del anillo principal; todo ello, incluso con niveles de demanda medios.

Cada vez hay más redondeles en servicio que llegan con más frecuencia a situaciones de alta demanda, e incluso a la congestión; pero también hay bastantes que, sin llegar a volúmenes muy altos de demanda, se saturan en alguno de sus accesos por presentar una importante descompensación entre las diferentes entradas.

## **CAPITULO I: ANTEPROYECTO**

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento del flujo vehicular en la ciudad de San Miguel es un problema que aumenta significativamente al paso del tiempo, por ser una de las ciudades más importantes del país tanto en población como en comercio, es también un punto de paso obligatorio para vehículos livianos, transporte pesado y autobuses del transporte interdepartamental, que se suman al volumen de los vehículos que transitan a diario en dicha ciudad.

El presente capítulo describe la situación actual de la problemática existente en el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, el cual se agudiza en horas de máxima demanda y se detallan todos los elementos que constituyen el Anteproyecto, enfocados en la necesidad de dar a conocer y solventar dicha situación concerniente al caos vehicular en una de las entradas principales que posee dicha ciudad.

Entre los elementos que contiene el anteproyecto se mencionan: Los antecedentes del problema, que visualizan la situación en el contexto histórico; el planteamiento del problema, donde se describe la situación concisa y que se busca solventar; los objetivos generales y específicos que son la pauta de referencia que guían el desarrollo de la investigación y a cuyo logro se dirigen los esfuerzos; los alcances, es donde se determinan los aspectos del problema que se pretenden abarcar en este estudio; las limitaciones, aquí se ha dejado en evidencia cuales aspectos quedan fuera del ámbito de estudio; la justificación, en esta parte se sustenta con argumentos convincentes el motivo de la realización de la investigación, se señala a quienes y como va a beneficiar. En forma clara si el problema es oportuno, urgente y necesario de estudiar; Y finalmente la metodología de la investigación, que especifica el tipo de investigación, las variables y los instrumentos necesarios para realizar el estudio de la movilidad y accesibilidad vehicular en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero

## 1.2 DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

### 1.2.1 *Antecedentes*

El primer concepto de intersecciones giratorias se implementó en el año de 1903 por el diseñador francés Eugene Hernad, a este tipo de intersecciones se las llamó “círculos de tráfico” y se popularizaron en Europa como solución a intersecciones congestionadas con más de cuatro aproximaciones<sup>1</sup>. Paralelamente en Estados Unidos, el diseñador William Phelps en el año de 1905 genera la primera intersección giratoria implementada en New York y llamada “Columbus”. A partir de la creación de la primera intersección giratoria se produjo una rápida popularización de estas soluciones de tráfico las cuales adquirieron el nombre de “rotativas”. Tanto las intersecciones implementadas en Europa (círculos de tráfico) como en Estados Unidos (rotativas) utilizaban la regla de prioridad a la derecha, es decir que los vehículos que circulan dentro del anillo deben ceder al paso a los vehículos que desean ingresar a la intersección.

Actualmente en la mayoría de países se utilizan los redondeles, que son de tipo circular en donde los vehículos se desplazan en sentido de las manecillas del reloj (excepto en los países en donde se circula por el carril izquierdo).

El Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, ubicado en el sureste de la ciudad de San Miguel, Conocido como Redondel Los Leones, el cual fue funcional en su debido tiempo, en donde los volúmenes de transito circulados no eran excesivos, es considerado una de las entradas principales a la ciudad, ya que permite un alto nivel de comercialización conectando los municipios de La Unión y Usulután.

A través de los años la ciudad de San Miguel, ha experimentado un rápido crecimiento de asentamientos informales; que requieren de recursos y servicios básicos en la cantidad necesaria

---

<sup>1</sup> Evaluación de la capacidad en rotondas, Hugo Esteban Ortega Guaricela (2017, p. 5)

y adecuada. Estos núcleos poblacionales aumentan la demanda de viajes a través de la ciudad; la capacidad de servicio de la mayoría de las arterias de mayor importancia ha sido rebasadas de allí la necesidad de realizar proyectos de infraestructura vial acorde a la demanda.

La unidad de planificación vial del MOP, realizó una propuesta geométrica de un carril rápido en la entrada La Unión- San Miguel (CA-1 La Unión) en el año 2019, la cual pretende solventar el problema de congestión vehicular en las horas máxima demanda. La propuesta consiste en realizar un carril directo, como los ya existentes, San Miguel – El Delirio y El Delirio - La Unión.

### 1.2.2 *Enunciado del Problema*

De qué forma mejorar la movilidad y accesibilidad vehicular en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, la cual es afectada por la cantidad de vehículos que circulan en él en horas de máxima demanda, agregando a esto factores como: falta de educación vial, contaminación visual, poca señalización entre otros.

### 1.2.3 *Planteamiento del Problema*

La causa fundamental de la congestión es la fricción o interferencia entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, y otras condicionantes. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. Entonces, una posible definición objetiva sería: “la congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás “Alberto Bull (2003, p.24).<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> CONGESTION DE TRANSITO, El problema y como enfrentarlo, Alberto Bull (2003, p.24)

La problemática de la congestión vehicular en las horas de máxima demanda en las intersecciones del redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, San Miguel, es mayormente agudizado en la arteria La Unión - San Miguel (CA-1 La Unión); debido al incremento del flujo vehicular, número de viajes, contaminación visual, poca señalización, entre otros factores. Ocasionando tiempos de espera prolongados y distancias de colas exageradas.

Para evitar el problema antes descrito es importante que en las intersecciones exista una buena movilidad y accesibilidad y para ello es necesario realizar estudios básicos de tránsito y geometría.

#### ***1.2.4 Justificación***

La ciudad de San Miguel ha experimentado un rápido crecimiento de asentamientos informales; que requieren de recursos y servicios básicos en la cantidad necesaria y en la calidad adecuada entre estos se incluye el mejoramiento de la infraestructura y la educación vial.

El propósito de desarrollar un análisis de la movilidad y accesibilidad en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero de la ciudad de San Miguel, es hacer una evaluación cuantitativa y descriptiva de la situación problemática que ha venido aumentando a través de los años.

Cuando aumenta la demanda de viajes a través de la ciudad y la capacidad de servicio de la mayoría de las arterias principales ha sido rebasada, nace la necesidad de realizar proyectos de infraestructura vial acordes a los requerimientos de seguridad, capacidad y estética, este es el caso del redondel en estudio ya que, a través de la simple observación se puede identificar el problema de congestionamiento vehicular que se genera en horas pico y se pretende realizar esta investigación para identificar las causas y realizar una propuesta de mejoramiento.



## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 *Objetivo General*

Estudiar la movilidad y la accesibilidad vehicular en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, San Miguel; para desarrollar una propuesta que mejore el problema del congestionamiento.

### 1.3.2 *Objetivos Específicos*

1. Analizar la geometría actual del redondel y de las arterias que convergen en él.
2. Calcular la máxima demanda vehicular que circula en el redondel.
3. Determinar la capacidad de la intersección.
4. Estimar el nivel de eficiencia con el que funciona la intersección.
5. Verificar los aspectos de visibilidad y señalización en el área de estudio.
6. Realizar una evaluación de los parámetros geométricos y de ingeniería de tránsito a utilizar para la propuesta de mejoramiento.

## 1.4 DELIMITACION

### 1.4.1 *Alcances*

1. Con el estudio a realizar en el redondel se pretende proyectar a futuro una propuesta que mejore el congestionamiento actual que se da en horas de máxima demanda.
2. La investigación se centra en realizar los estudios de ingeniería de tránsito necesarios para identificar los factores que intervienen en el funcionamiento actual del sistema vial del redondel.
3. El procesamiento y el análisis de los datos obtenidos estarán en función del crecimiento y desarrollo del área urbana de la Ciudad de San Miguel.
4. Los resultados de esta investigación se presentarán a todas las instituciones involucradas en la solución del problema.

### 1.4.2 *Limitaciones*

1. El trabajo está orientado a estudios de flujo actual del redondel y no a los estudios anteriores ni posteriores.
2. La realización o no del proyecto se dejará en manos de las entidades correspondientes.
3. No existen estudios formales de las instituciones que tienen que ver con esta investigación.
4. En el marco de la pandemia denominada comúnmente COVID-19 y las restricciones de movimiento y de transporte impuestas por el gobierno como medidas de protección y mitigación, se dificulta la recolección de datos para este estudio, por lo cual, se trabajará con los datos recopilados en la primera etapa del trabajo, antes de iniciar la pandemia.

## 1.5 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

### 1.5.1 *Tipo de la Investigación*

La Metodología de la Investigación es Cuantitativa y de naturaleza descriptiva ya que se pretende recaudar información de valores numéricos, así como la utilización de fórmulas estadísticas y proyecciones de valores en el tiempo.

La Investigación se llevará a cabo mediante la Observación y el estudio de variables, además la descripción de todo lo observado.

Dada la naturaleza de la situación planteada, y habiendo varias variables a estudiar lo ideal es realizar observaciones y analizar los datos obtenidos para realizar comparaciones y establecer conclusiones veraces.

### 1.5.2 *Situación Actual*

Para estudiar la movilidad y accesibilidad en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero y conocer la situación actual es necesario delimitar el área de estudio. La cual está conformada por: residenciales, colonias y urbanizaciones aledañas a este; se pueden ver con detalle en el **Anexo 1**. También se realizará un estudio de transporte colectivo para incluir el impacto que tiene el flujo de las zonas alejadas pero que tienen convergencia en la intersección.

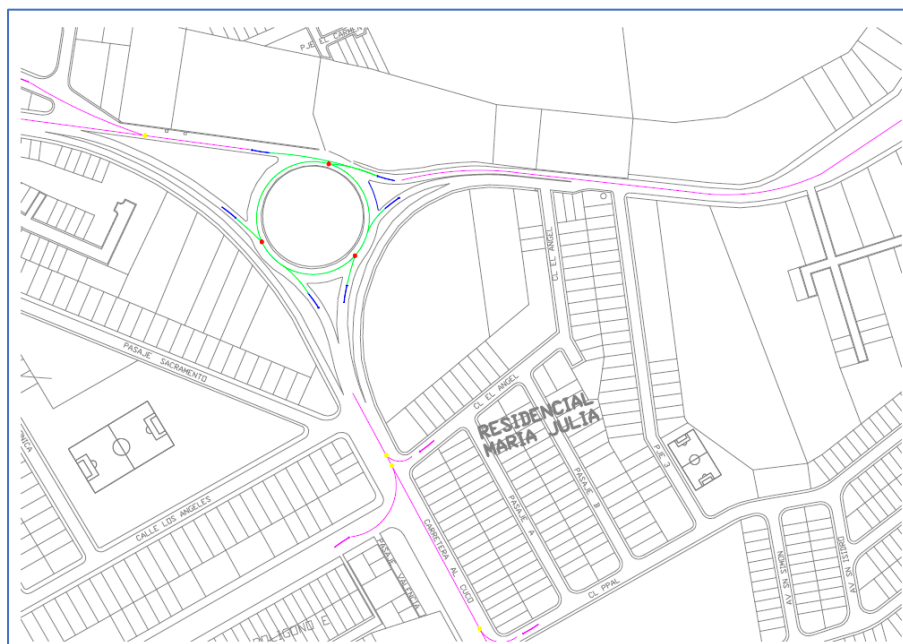
Una vez delimitada la zona de influencia se estudia la situación actual, la cual se puede visualizar en la imagen **1.1** y **1.2**; donde se describen los sentidos del tráfico dentro y fuera del redondel, el número de conflictos existentes, la infraestructura actual y con ello determinar las unidades de análisis y las variables y su medición para poder desarrollar el estudio.

Figura 1.1 Flujo vehicular en el Redondel



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.2 Mapa completo de las áreas de estudio más influyentes.



Fuente: Elaboración propia

De esta manera se referencian los puntos de interés y de influencia, los planos presentados se encuentran con más detalle en el **Anexo 1**, para una vista más amplia y confortable.

### 1.5.3 *Unidades de Análisis*

Las unidades de análisis serán:

#### **Flujo Vehicular:**

Se analizan todos los vehículos provenientes de todas las arterias que convergen en el redondel, lo cual permite determinar el nivel de eficiencia.

#### **Tipos de vehículos:**

Se tomará nota de cada tipo de vehículo que pase por un punto previamente definido, el objetivo de esto será cuantificarlos según su tipo.

#### **Infraestructura existente:**

Se analizarán las características actuales que posee el redondel, entre ellas se pueden mencionar: Radios de giro, isleta central, cunetas, drenajes, anchos de carril, rótulos, etc.

#### **Capacidad Vehicular.**

“Es el máximo número de vehículos que pueden circular en un punto dado, durante un período específico de tiempo, bajo condiciones prevalecientes de la carretera y el tránsito”.<sup>3</sup>

#### **Intensidad vehicular**

Se obtiene dividiendo el número de vehículos observados durante un periodo sub horario entre el tiempo de observación (en horas).

---

<sup>3</sup> Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras 2011.

### **Niveles de servicio.**

“Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de niveles de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas o pasajeros”.<sup>4</sup>

#### 1.5.4 *Variables y Medición*

##### **1.5.4.1 Definición de las Variables. VARIABLES INDEPENDIENTES**

- **Flujo Vehicular**

“Definición conceptual: Describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, mediante la cual se pueden determinar las características de la corriente de tránsito y las diferentes opciones de operación”.<sup>5</sup>

Definición Operacional: Es la cantidad de vehículos que hacen uso de la intersección en estudio, de la cual se tomará una muestra y en consecuencia se proyectará a futuro a través de procesos estadísticos tales como el TPDA.

- **Tipos de vehículos**

“Definición Conceptual: Debido a las dimensiones tan variables de los vehículos que circulan por la red de carreteras, es necesario examinarlos, agruparlos en clases similares y establecer un vehículo representativo para cada clase para su uso en el diseño geométrico”.<sup>6</sup>

Definición Operacional: Se efectúa la clasificación de los vehículos de acuerdo a su tamaño, mediante conteos manuales. Este procedimiento da lugar a estudiar: radios de giro necesarios, anchos de carril, entre otras características de la geometría de la intersección.

- **Infraestructura existente**

---

<sup>4,5 y 6</sup> Ingeniería de Tránsito y carreteras, 3era Edición, Nicholas J. Garber & Lester A. Hoel (2005, p. 176)

Definición Conceptual: Son las características actuales que posee la intersección o arteria en estudio, entre ellas se pueden mencionar: Infraestructura de la rotonda, drenajes, aguas negras, rótulos, etc.

Definición Operacional: Aquí se consideran las condiciones físicas en las que se encuentra la intersección que se estudia a través de la observación y un levantamiento topográfico.

## **VARIABLES DEPENDIENTES**

- **Capacidad Vehicular**

Definición Conceptual: Es la máxima proporción horaria de vehículos (o peatones) que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un periodo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes del camino, del tránsito y de los dispositivos de control.

Definición Operacional: Es la máxima proporción de vehículos que pueden circular en el redondel y las arterias que convergen en él, tomando en cuenta la geometría de mismo.

- **Intensidad Vehicular**

Definición Conceptual: Se obtiene dividiendo el número de vehículos observados durante un periodo sub horario entre el tiempo de observación (en horas).

Definición Operacional: Es el número de vehículos que pasa a través de una sección fija del área de estudio por una unidad de tiempo, en este caso se utilizará la intensidad horaria.

- **Niveles de Servicio.**

Definición Conceptual: Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de niveles de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas o pasajeros.

Definición Operacional: Se definirá como el porcentaje de los vehículos servidos dentro de un plazo determinado, por lo cual representan el grado de satisfacción de los conductores.

#### **1.5.4.2 Indicadores y su Medición. FLUJO VEHICULAR**

Sus indicadores principales son:

✓ Velocidad

Está relacionada con el flujo ya que nos da parámetros de cómo se encuentra el flujo ya que, a mayor fluidez vehicular, mayor rapidez del vehículo en atravesar la intersección.

✓ Capacidad de diseño

El dimensionamiento de la capacidad resulta crucial para el diseño de cualquier carretera, tanto para establecer el tipo a que corresponde diseñarla, como para seleccionar los elementos que la conforman y sus dimensiones, tales como número y ancho de carriles, alineamientos, restricciones laterales, etc.

El flujo máximo del tránsito en una carretera en su capacidad que ocurre cuando se alcanzan la densidad crítica, que se mida en vehículos por kilómetro, y el tránsito se mueve a la velocidad crítica. A medida que se alcanza la capacidad de una carretera, el flujo vehicular se torna menos estable, porque las brechas disponibles para maniobrar en la corriente del tránsito se reducen.

✓ Niveles de servicio

El flujo vehicular de servicio para diseño es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar, sin que el grado de congestión alcance los niveles



preseleccionados por el diseñador, tras conciliar los intereses de los conductores, dispuestos quizá a tolerar un mínimo de congestión; los estándares de diseño vigentes, que predeterminarán algunos requerimientos básicos según la clasificación funcional de la vía; y los recursos disponibles para atender estas necesidades. Conviene aclarar que hablar de congestión en una carretera no es hablar de paralización de todo el movimiento. El congestión se inicia con la creciente interferencia o fricción entre los vehículos en la corriente del tránsito, que empieza a perder su calidad de flujo libre.

La escogencia de un determinado nivel de servicio conduce a la adopción de un flujo vehicular de servicio para diseño, que al ser excedido indica que las condiciones operativas se han desmejorado con respecto a dicho nivel. Como criterio de análisis, se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño debe ser que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño.

- TIPOS DE VEHÍCULOS.

Sus principales indicadores son:

- ✓ Clasificación vehicular

Se analizan los tipos de vehículos haciendo una clasificación de acuerdo a la longitud, la capacidad de carga, el uso, etc.

- ✓ Movimiento por carril

Se analiza la maniobra que cada vehículo efectúa en un carril tomando en cuenta el tipo de vehículo que lo realiza.

- ✓ Anchos y números de carril

Los anchos y el número de carriles se diseñan tomando en cuenta el tipo de vehículos y la cantidad que harán uso de estos.

- **INFRAESTRUCTURA EXISTENTE**

Sus indicadores principales son:

- ✓ Drenaje

Para evitar la influencia negativa en la infraestructura y en sus condiciones de transpirabilidad se analiza el drenaje de las aguas superficiales a través de un estudio hidrológico.

- ✓ Paradas de autobuses

Por la mala ubicación de las paradas de autobuses se producen congestionamientos, debido a que estos obstaculizan el tránsito libre en la arteria disminuyendo las velocidades del flujo vehicular.

- ✓ Estacionamientos existentes

Los estacionamientos que se encuentran en los establecimientos comerciales y residencias; también se toman en cuenta los puntos de taxis cercanos en la intersección.

- ✓ Radios de giro

Se estudian en base a los deseos de destino de cada automotor.

- **CAPACIDAD VEHICULAR**

Sus principales indicadores son:

- ✓ Flujo de la calzada anular

De acuerdo al número de vehículos que circulan por la calzada anular en un intervalo de tiempo de una hora, será la capacidad de la calzada anular QC.

- ✓ Flujo de las arterias que convergen

De acuerdo al número de vehículos que transitan por las arterias que convergen en el redondel en un intervalo de tiempo de una hora, será la capacidad de cada entrada QE.

- ✓ Geometría del redondel

La capacidad está directamente relacionada con la geometría del redondel, se observarán valores con anchos de carriles, distancia de llegada, etc.

- INTENSIDAD VEHICULAR

- ✓ Conteo Vehicular

Para determinar la intensidad se necesita tener previamente un conteo vehicular de la zona de interés.

- ✓ Volumen de cuarto de hora

El conteo vehicular se centrará en obtener los volúmenes de cuarto de hora, es decir, se hará en lapsos de 15 minutos.

- ✓ Volumen horario de máxima demanda.

Finalmente se puede obtener el volumen horario de máxima demanda de cada arteria y dividido en el intervalo de tiempo de una hora se obtendrá la intensidad horaria.

- NIVELES DE SERVICIO

- ✓ Geometría del redondel

Dado que la geometría actual es un factor determinante en el número de vehículos que pueden ingresar y transitar por el redondel.

- ✓ Factor de vehículos pesados

Los vehículos pesados interfieren en el funcionamiento del redondel, ralentizando las maniobras de los demás conductores y aumentando sus precauciones por lo que son un factor importante a considerar.

✓ Factor de distribución direccional

La distribución direccional de tráfico por carril es determinante a la hora de calcular un nivel de servicio, si existe un carril predominante probablemente tendrá un nivel de servicio menos favorable que en un carril no predominante.

### 1.5.5 *Técnicas y Procedimientos a Emplearse en la Recopilación de Información*

Existen muchos factores geométricos a considerar para el funcionamiento óptimo de una rotonda, entre los más importantes están:

- 1- Una isleta central cuyo radio debe corresponder a la velocidad de diseño.
- 2- Número de carriles y ancho de carriles.
- 3- Ángulos de las entradas y Radios de giro.
- 4- Características de la calzada anular.
- 5- Número de conflictos, etc.

Todos los factores antes mencionados se estudian a través de un levantamiento topográfico, mediciones e inspecciones de campo y del uso del software AutoCAD Civil 3D.

La topografía también permite ubicar los drenajes y pozos, debido a la importancia que tienen a la hora de considerar futuras remodelaciones o ampliaciones en el redondel.

Otro factor importante en el análisis de un redondel es la visibilidad y está íntimamente ligada a la seguridad, por tanto, es de suma importancia verificar qué es lo que puede ocasionar contaminación visual, este factor al igual que la señalización se deberá realizar mediante una

inspección de campo y se tomará como guía el Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras 2011 capítulo 5, numeral 5.11.5.

Para determinar la oferta de la intersección se debe analizar la geometría actual (ancho de carriles, número de carriles, pendiente, etc.) así como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras entre otros factores.

Se realizará un estudio de tránsito a través de la técnica de conteo manual, se establecerán periodos de 60 minutos por un lapso de tiempo de 12 horas, a partir de ello se obtendrán las horas pico, las cuales se estudiarán para calcular la demanda máxima en la intersección, se agruparán los vehículos por su tipo y se tomarán en cuenta también las longitudes de cola y los tiempos de espera. Los objetivos principales de realizar el estudio de colas es identificar el nivel de servicio del sistema en condiciones actuales, evaluar las alternativas de modificación del sistema para minimizar el tiempo de espera y finalmente lograr un equilibrio entre el costo del servicio optimizado (probablemente con modificaciones) y el impacto financiero de los de los usuarios.

El análisis estadístico obtenido tanto del conteo vehicular como del estudio de colas se representará mediante gráficos para facilitar la interpretación de los resultados.

Será primordial verificar si la infraestructura existente del redondel cuenta con la señalización necesaria, esto se puede realizar a través de una observación en el área de estudio y se tomará como base los manuales centroamericanos que rigen en el país.

#### 1.5.6 *Instrumentos de Medición*

A través de una medición topografía se determinará la capacidad de la intersección, utilizando para ello una estación total, cinta métrica y el software AutoCAD Civil 3D.

Por medio del estudio de flujo de tránsito vehicular (TPDA) se podrá determinar la capacidad de la intersección y aplicar parámetros para una propuesta geométrica que solvete los problemas de movilidad y accesibilidad. El estudio de tránsito vehicular se realizará de forma manual, haciendo una clasificación vehicular, medición de colas, medición de tiempo de espera; utilizando para ello cinta métrica, cronometro, libreta de anotaciones, tablas de clasificaciones vehiculares, etc. Este proceso se llevará a cabo en un día en un lapso de tiempo de 12 horas (6:00 a.m. a 5:00 p.m.)

#### 1.5.7 *Estudios Ingenieriles y Técnicos*

- Estudio de la infraestructura vial (geometría actual): a través de un levantamiento topográfico.
- Volúmenes de tránsito
- Estudios de velocidad y demora.
- Capacidad y nivel de servicio actual
- Capacidad y nivel de servicio futuro
- Estudios de número y tiempos de viaje.
- Señalamiento vial
- Pronóstico de tránsito y factores de proyección
- Características del transporte público

## **CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL**

## 2.1 INTRODUCCION

En este capítulo se presenta una base sólida de información para el estudio y el desarrollo de esta investigación dando inicio por el marco histórico que trata del contexto histórico del problema de congestión en la ciudad de San Miguel y sobre todo en redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero.

Luego en el marco normativo se presenta todo lo relacionado con las normas, leyes, reglamentos, y teoría relacionada a la ingeniería de tránsito y el diseño geométrico de carreteras que sean vigentes en la región centroamericana y en San Miguel, además se mencionan las entidades encargadas y los marcos regulatorios,

En el marco conceptual se hace referencia a la importancia de la topografía en el entorno del Diseño Geométrico de carreteras, donde se describe de manera específica el estudio del trazado, los elementos que integran el alineamiento horizontal y vertical entre otros. Finalmente se hace mención de una serie de conceptos básicos relacionados con la Ingeniería de Tránsito y del estudio de la Teoría de Colas, todo ello para poder tener un mejor entendimiento de cada elemento aquí involucrado, posteriormente esta información sirve de base para identificar el comportamiento del problema actual y algunas posibles soluciones como la ejecución de un Diseño Geométrico.



## 2.2 MARCO HISTÓRICO

Es de conocimiento general que a través de los años la ciudad de San Miguel ha crecido tanto en territorio como en población, también se ha desarrollado económicamente y en su infraestructura; lo cual ha conllevado a algunos problemas que enfrentan la mayoría de ciudades en crecimiento, entre estos tenemos: Segregación socio-espacial, Hacinamiento, Contaminación ambiental, Congestión Vehicular y Producción de basura. De todos los anteriores se ha tomado como área de interés la congestión vehicular y para una mejor comprensión del tema se han retomado algunas líneas del Plan Maestro de Desarrollo Urbano de la ciudad de San Miguel (PLAMADUR) perteneciente al Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, que es una iniciativa de planificación y fortalecimiento institucional en materia de desarrollo territorial que se realiza por el Gobierno de El Salvador, a través del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, del Ministerio de Obras Públicas, y del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

La red vial de San Miguel, está conformada por un conjunto de avenidas, calles y pasajes que tienen como eje central la carretera CA-01 que en el interior del núcleo urbano es conocida como Avenida Roosevelt. Considerando que esta ciudad es la tercera en importancia en el país, la disposición de las infraestructuras viales es la más compleja de la Subregión.

Las calles y avenidas en la ciudad de San Miguel resultan insuficientes para albergar la importante cantidad de vehículos que a diario circulan por las principales calles y avenidas. El crecimiento de la red vial no ha ido aparejado con el crecimiento excesivo del parque vehicular en los últimos años, que se estima según las autoridades nacionales en más de 46 mil unidades (para el año 2010). A pesar de ir implementando y desarrollando alternativas para contrarrestar el intenso tráfico, tal es el caso de la pavimentación de la calle antigua a la unión, inaugurada en

noviembre de 2004, considerada como alternativa para no ingresar a la avenida Roosevelt, la solución hoy día no resulta suficiente, hecho que refleja el crecimiento más acelerado del parque vehicular. Actualmente tanto la arteria como el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero no dan abasto para los usuarios que llegan desde los departamentos de La Unión y Usulután.

Cabe mencionar que San Miguel sufre más que muchas ciudades, debido a la postergación de la atención a los sistemas de transporte durante los años del conflicto armado, a la falta de atención de las autoridades nacionales a los problemas locales de la ciudad, al rápido crecimiento y desarrollo a través de las remesas familiares de los migueleños residentes en el extranjero y a la acelerada transición de lo urbano tradicional a lo contemporáneo.

Desde el año 2016 se ha venido hablando de una solución al congestionamiento vehicular que se genera en la zona sobre todo las largas colas en horas de mayor demanda en el redondel antes mencionado, pero se desconoce la causa por la cual aún no existe un proyecto real y con base en estudios para identificar los factores que más inciden en el problema, es incomprendible que aún no haya un plan de acción siendo este punto de congestión uno de los más importantes de la ciudad que conecta no sólo el comercio si no algunas de las colonias más pobladas con el resto de la ciudad.

A mediados del año 2019 se comenzó a hacer pública la noticia de una ampliación del Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero como lo manifiesta la siguiente noticia que circuló en varios periódicos digitales e impresos:

*“Instituciones locales y de Gobierno analizan la posibilidad de ampliar a dos carriles el redondel Monseñor Óscar Arnulfo Romero, antes redondel Los Leones, ubicado al ingreso de San Miguel, sobre carretera Panamericana, ya que recibe una fuerte carga vehicular proveniente de La Unión y Usulután.”*

*“Esto es algo que vimos hace algunos años, por eso hemos convocado a FOVIAL para que nos dé información si ya tienen un diseño de ampliación del redondel y retomar el proyecto”, comento el jefe regional del Viceministerio de Transporte, Leonel Díaz.*

*“El tema es abordado en la Mesas de Tránsito establecidas por la delegación policial de San Miguel, que forman parte de las reuniones de Convivencia Ciudadana, en las que participan todos los actores locales y representantes de ministerios responsables de la temática”.*

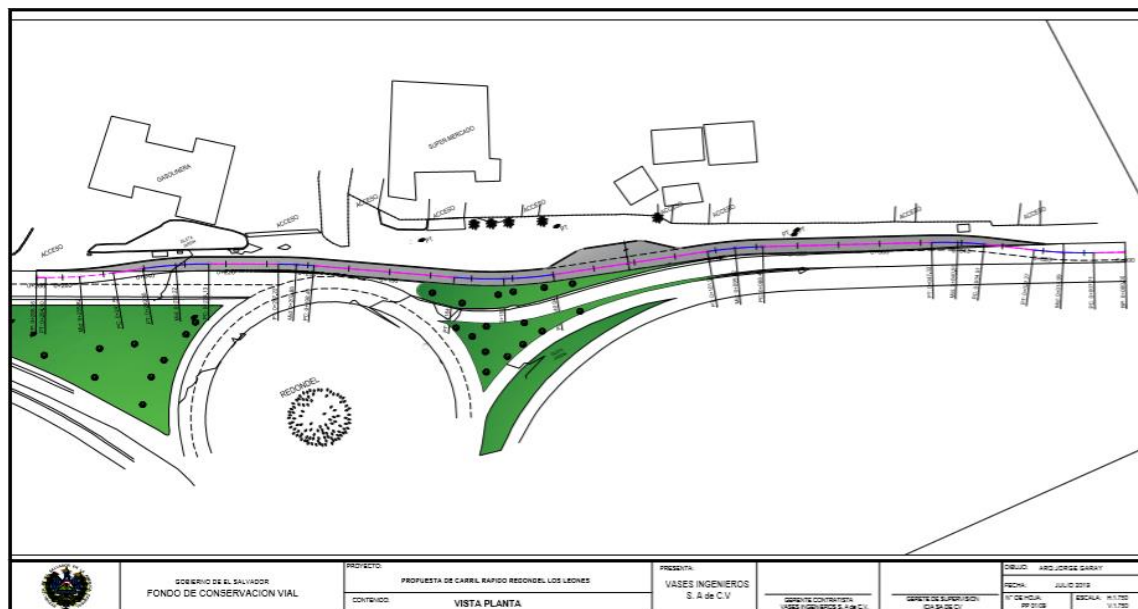
*“A partir de la primera semana de septiembre, elementos de la División de Tránsito Terrestres se han dado a la tarea de regular el tráfico que ingresa a la ciudad de San Miguel por el redondel Monseñor Óscar Arnulfo Romero, proveniente de La Unión y Usulután”.*

***“Recorrer 1.1 kilómetros desde el desvío de la colonia La Pradera, sobre la carretera Panamericana hasta el redondel de ingreso a la ciudad de San Miguel, debería de tomar no más de 2 minutos en carro, sin embargo, para muchos automovilistas significa entre 15 a 30 minutos, en especial entre las 7:00 y 8:00 a.m.”***

*“La carga vehicular ha incrementado de manera exagerada y el redondel solo da espacio para circulación de un vehículo; los que tienen prioridad en la rotonda son los que vienen de la carretera Panamericana (San Miguel)”, dijo el jefe de la División de Tránsito Terrestre de la PNC, Hugo Torres.*

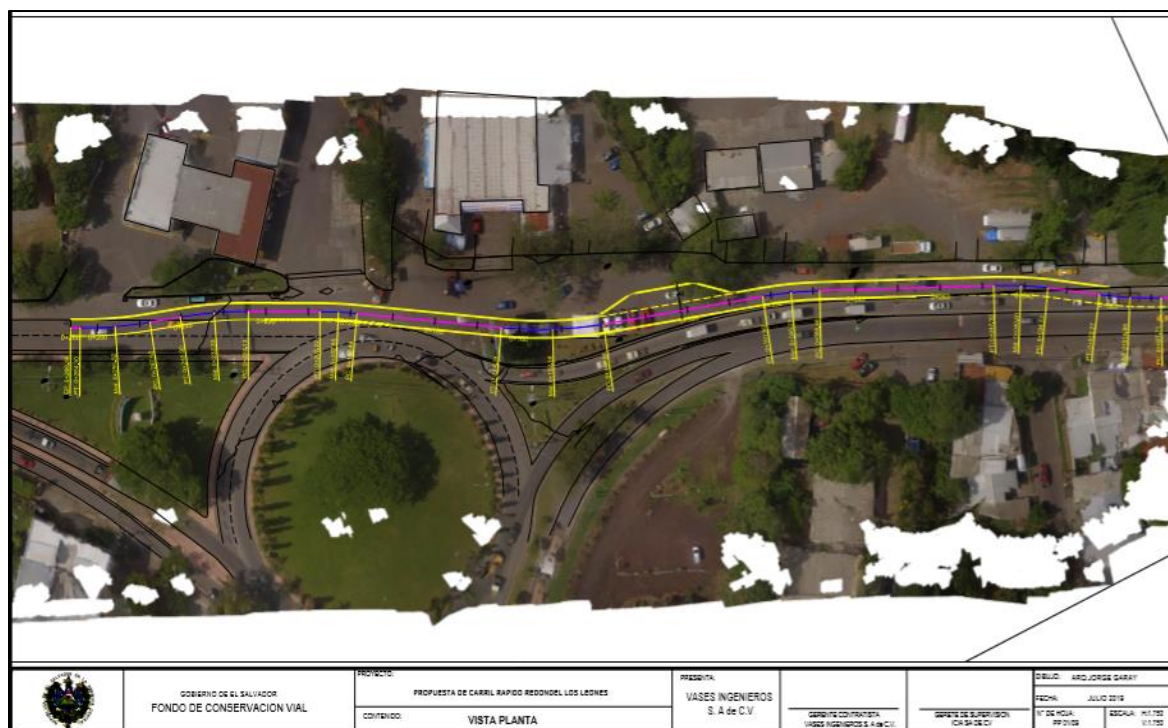
A pesar de esto en el mes de enero del año en curso, el MOP en coordinación con FOVIAL solo cuentan con un diseño geométrico de un carril directo que conduce de La Unión hacia San Miguel y dicho diseño no muestra ningún indicio de ampliación del redondel como se decía en la noticia anterior ni tampoco ha habido un estudio previo que demuestre que el carril directo sea la solución más viable para la congestión y que mejore la accesibilidad y la movilidad en esta intersección. A continuación, se presenta el diseño antes descrito.

Figura 2.1 Propuesta de Carril directo La Unión – San Miguel



Fuente: MOP utilizado con autorización.

Figura 2.2 Vista de planta del carril directo



Fuente: MOP utilizado con autorización.

## 2.3 MARCO NORMATIVO

### 2.3.1 *Ley de Carreteras y Caminos Vecinales*

Las calles siguen sujetas al régimen legal bajo el que se encuentran actualmente.

Art. 2.- Para los efectos de esta Ley, se consideran carreteras las vías cuyo rodamiento las hace de tránsito permanente; su planificación, construcción, mejoramiento, corresponde al Órgano Ejecutivo en el Ramo de Obras Públicas.

Art. 3.- Atendiendo a su importancia y características geométricas las carreteras se subdividen en:

Especiales, que son todas aquellas que reúnen condiciones geométricas superiores a las primarias.

Primarias, las capacitadas para intensidades de tránsito superiores a dos mil vehículos promedio por día, con doce metros de plataforma, siete metros treinta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros noventa centímetros de rodaje en los puentes.

Secundarias, las capacitadas para intensidades de tránsito comprendidas entre quinientos y dos mil vehículos promedio por día, con nueve metros cincuenta centímetros de plataforma, seis metros cincuenta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros cuarenta centímetros de rodaje en los puentes;

Terciarias, aquellas cuya intensidad de tránsito está comprendida entre cien y quinientos vehículos promedio por día, con seis metros de plataforma, revestimiento de materiales locales selectos y un mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes;

Rurales, las capacitadas para una intensidad de tránsito de cien vehículos promedio por día, con cinco metros de plataforma y un mínimo de tres metros de rodaje en los puentes; o que, sin llenar tales características, dicha carretera haya sido construida por el Gobierno Central

Art. 17.- Es atribución del Ministerio de Obras Públicas a través de la oficina respectiva, reglamentar la forma en que deben transitar los vehículos por las carreteras y caminos públicos del país, atendiendo a su peso y distribución de éste por ejes y llantas, independientemente del control que debe ejercer sobre su carga máxima.

Art. 18.- Las velocidades mínimas y máximas a que podrán transitar los vehículos automotores en las carreteras o caminos, serán fijadas por la oficina respectiva del Ministerio de Obras Públicas, atendiendo a las condiciones geométricas de éstos.

### ***2.3.2 Reglamento General de Transito y Seguridad Vial***

Art. 11.- Los vehículos por su naturaleza se dividen en tres clases:

1. De motor; tipificado también como Automotor, en el cual se comprenderán todos los vehículos movidos por combustión interna y por fuerza mecánica;
2. De tracción humana, ya sea de mano o pedal; y
3. De tracción animal.

Art. 12.- Queda prohibido parar y estacionar:

1. En las curvas y elevación de pendientes en visibilidad reducida, en sus proximidades y en los túneles.
2. En los pasos a nivel, y paso de peatones.
3. En los carriles o partes de la vía reservadas exclusivamente para la circulación o para el servicio de determinados usuarios.
4. En las intersecciones y en sus proximidades.
5. Sobre los rieles del ferrocarril o tan cerca de ellos que pueda entorpecer su circulación.

6. En los lugares donde se impida la visibilidad de señalización a los usuarios a quienes afecte u obligue a hacer maniobras.
7. En autopistas, salvo en las zonas habilitadas al efecto.
8. Estacionar en doble fila.
9. En puentes o ejes preferenciales; y
10. Otros sitios donde la señalización vial expresamente así lo indique.

### ***2.3.3 Ley de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial***

Art. 90.- La planificación y diseño de la señalización vial, la demarcación sobre el pavimento, y todos los demás dispositivos para el control del tránsito en las vías terrestres; será competencia del Viceministerio de transporte; pudiendo coordinarse su ejecución y conservación con instituciones públicas, municipales y privadas.

Art. 93.- Se prohíbe modificar el contenido de las señales, o colocar sobre ellas, placas, carteles, marcas u otros objetos que puedan inducir a confusión, reducir su visibilidad o su eficacia o distraer peligrosamente la atención de los conductores. A este respecto, las señales informativas podrán ser objeto de excepciones especiales, aprobadas y autorizadas por el Viceministerio de Transporte, previo dictamen técnico emitido por la dependencia respectiva involucrada.

### ***2.3.4 Ley Especial de Transporte de Carga***

Art. 13.- Los vehículos destinados al servicio del transporte de carga por carretera son los siguientes:

- a) Pick-ups desde una y media tonelada.

- b) Camionetas de carga desde una y media tonelada.
- c) Camiones de dos o más ejes y sus remolques.
- d) Cabezales o tractocamiones y semirremolques articulados.
- e) Cabezales o tractocamiones y semirremolques especiales de ejes múltiples.
- f) Maquinarias pesadas o equipos especializados montados sobre ruedas de hule; y,
- g) Otros no contemplados en esta clasificación que presten el servicio de transporte de carga por carretera, previa la resolución correspondiente, emitida por la Dirección.

### *2.3.5 Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*

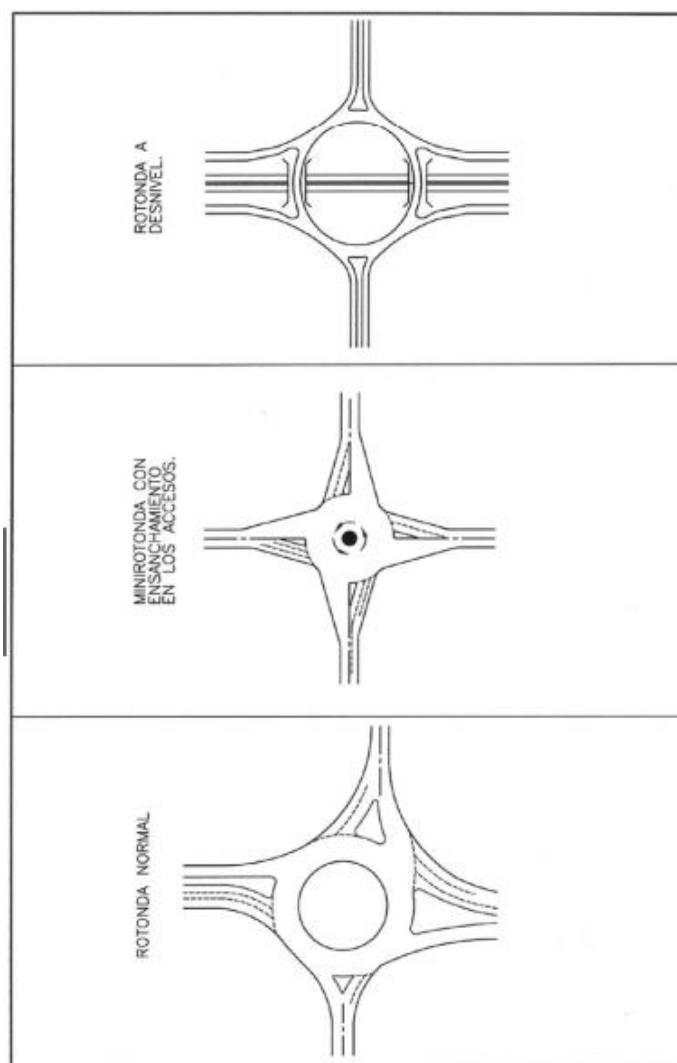
#### **Tipos de Rotondas**

- Los elementos básicos de una rotonda son: una isleta central, cuyo radio debe corresponder a la velocidad de diseño, de modo que a una velocidad de proyecto de 60 kilómetros por hora se requiere un radio mínimo de 113 metros, que describe la orilla interior de la calzada; la calzada de la rotonda, que tiene un solo sentido de circulación alrededor de la glorieta central; las entradas y salidas de la rotonda, que para operar con eficiencia y seguridad deben alcanzar velocidades equiparables a las de la propia rotonda; y las islas canalizadoras, que dividen los accesos para formarlas entradas y salidas a los mismos. Para sintetizar esta descripción, sea preparado la figura 2.3 que contiene esquemáticamente tres tipos de rotondas:
  - La identificada como rotonda normal, que está compuesta de 4 accesos con entradas ensanchadas, para permitir que entren como máximo 3 vehículos al mismo tiempo, con una franja asfáltica de 12 metros alrededor de una isla central circular de diferente diámetro, en concordancia con los volúmenes de tránsito.



- La identificada como mini-rotonda, que dispone de ensanchamientos en los accesos y una pequeña isleta al centro, que en algunos países del mundo con alto nivel de educación vial ha dado buenos resultados, al permitir un volumen total de tránsito en la intersección de unos 7,000 vehículos por hora.

Figura 2.3 Algunos tipos de rotonda.



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras

## Elementos de Diseño

Para interpretar con facilidad este tema hay que referirse a la figura 2.4, donde se aclaran algunos de los parámetros que son determinantes en la geometría de las glorietas, su tratamiento está relacionado con la capacidad, seguridad en el movimiento de los flujos vehiculares, economía y medio ambiente. La longitud efectiva de ensanchamiento  $l'$  identificada en la figura 2.4, como CF se construye paralela a la línea BG empezando a una distancia  $(e-v)/2$  en el punto C sobre la línea AB. La distancia BD es igual a  $(e-v)$ , la amplitud del ensanchamiento se define por la siguiente expresión:  $S= 1.6 (e-v) / l'$

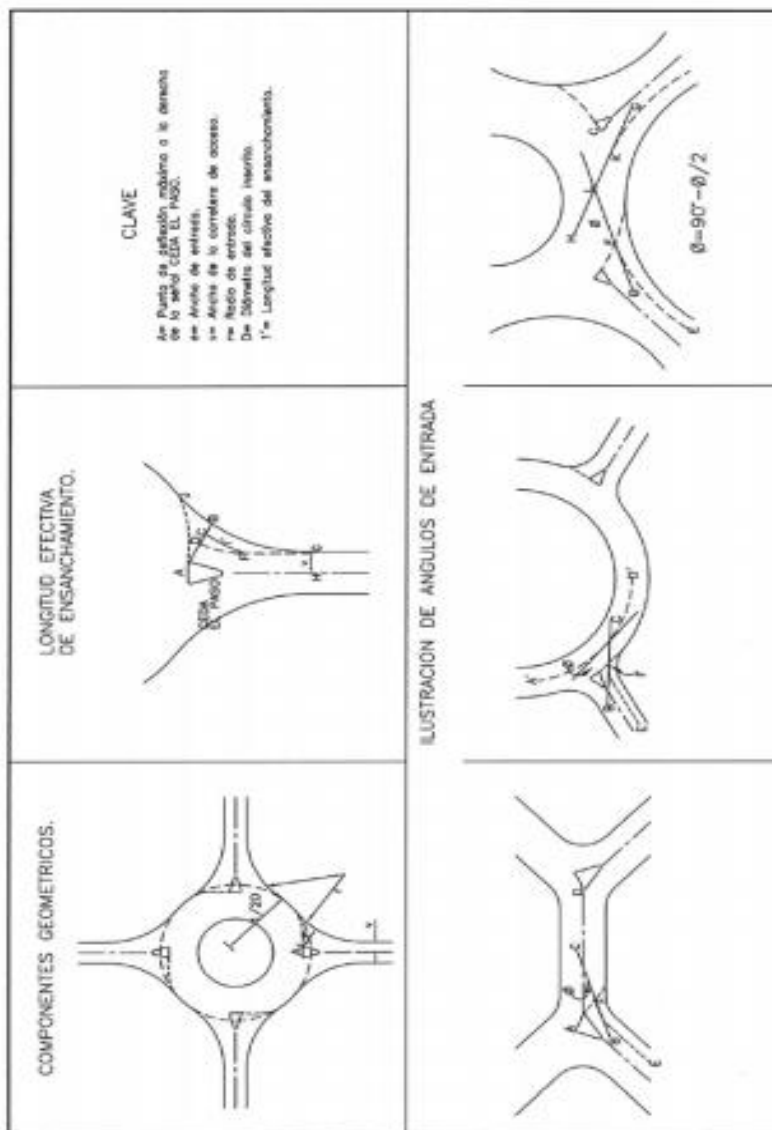
El ángulo de entrada  $\phi$  también se ilustra para varias condiciones geométricas en la figura 2.4; enfrenta conflictos entre el tránsito que entra y el que circula enfrente de los accesos. También en la misma figura 2.4 se ilustra la longitud del diámetro del círculo inscrito (D). El ángulo de entrada para diferentes configuraciones geométricas de glorietas se ofrece en la figura 2.4. Los rangos de valores prácticos para los diferentes parámetros que han sido mencionados antes, son los siguientes:

Tabla 2.1 Rangos prácticos de diseño

Rangos prácticos de diseño	
Descripción	Valores prácticos
<b>e Ancho de entrada</b>	4-15 m
<b>v Mitad del ancho del acceso</b>	2-7.3 m
<b>l' Promedio de longitud efectiva del ensanchamiento</b>	1-100 m
<b>S Amplitud del ensanchamiento</b>	0-2.9 m
<b>r Radio de entrada</b>	6-100 m
<b><math>\phi</math> Angulo de entrada</b>	10-60°
<b>D Diámetro del círculo inscrito</b>	15-100 m

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras.

Figura 2.4 Parámetros de diseño



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras.

El ancho total de la entrada debe ser menor de 10.5 metros en carreteras de 2 carriles, uno por sentido de circulación y no debe ser mayor de 15 metros para carreteras de carriles dobles por sentido. El ancho de cada carril debe ser mayor de 3 metros.

El ancho de la entrada de los accesos y la longitud de ensanchamiento,  $l'$ , son elementos de diseño que tienen influencia relevante en la capacidad de la rotonda y en la seguridad de los

movimientos vehiculares. Se recomienda que el ancho de las entradas tenga como mínimo dos carriles y no ser mayor al equivalente de cuatro carriles.

### **Cálculo de Capacidades de Rotondas**

El cálculo de capacidad de este tipo de facilidades viales se compone de dos partes:

- Capacidad práctica de las zonas de entrecruzamiento,  $Q_p$ , en vehículos por hora.
- La capacidad de las entradas,  $Q_e$

El primer cálculo de capacidad de las zonas de entrecruzamiento utiliza la siguiente expresión:

$$Q_p = 282 * W * (1 + E/W) * (1 - P/3) / (1 + W/L)$$

Ecuación 2.1 – Cálculo de la Capacidad

Donde:

$W$  = Ancho de la calzada circular de rodadura, en metros

$E$  = Promedio de ancho del acceso de entrada y el ancho de la calzada circular, en metros.

$P$  = Proporción de las corrientes de tránsito que se entrecruzan en relación al volumen del total que se mueve en esa sección

$L$  = Longitud de la sección de entrecruzamiento, en metros.

- La segunda utiliza la siguiente expresión:

$Q_e = K (F - f_c * Q_c)$ , cuando  $f_c * Q_c$  es menor o igual que  $F$ .

$Q_e = 0$ , cuando  $f_c * Q_c$  es mayor que  $F$

Donde:

$$K = \{ (1 - 0.00347(\emptyset - 30)) - (0.978 [ 1/r - 0.05]) \}$$

$\emptyset$  = Angulo de entrada.

$r$  = Radio de entrada

$$F = 303 X2$$

$$fc = 0.21 * tp [1+0.2 X2]$$

Qc = Volumen de tránsito que circula enfrente de la entrada

### **Visibilidad en Rotondas**

- La distancia de visibilidad de parada en rotondas se presenta en el cuadro 2.2 Es la distancia de visibilidad en los accesos que se muestran para las consideraciones geométricas presentadas. La altura del ojo del observador y del objeto es de 1.05 metros y deberá verse claramente hasta una altura de 2 metros sobre la superficie de rodamiento.

Hasta 1.05 metros se cubre la visibilidad sobre la parte superior de plantas y muros bajos y hasta 2 metros se dispone de visibilidad de las señales verticales.

- La visibilidad vertical tiene 1.05 metros como altura del observador y 0.26 metros para altura del objeto; siempre debe alcanzarse una visión segura hasta 2 metros de alto bajo el mismo criterio mencionado antes.

- La distancia de visibilidad hacia la izquierda de la entrada también se muestra en la Figura No.5.20; en este caso, todos los conductores que se acercan a la línea de CEDA EL PASO deberán tener la facilidad de ver todo el ancho de la franja de rodada localizada a su izquierda. Esta distancia se mide desde el centro del carril izquierdo del acceso, 15 metros adelante hasta alcanzar la línea del CEDA EL PASO a la entrada desde el acceso. Estas distancias de visibilidad se relacionan con el diámetro del círculo inscrito (D) y se muestran en la tabla 2.2 antes citada.

Tabla 2.2 Distancia de visibilidad en rotondas

<b>DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN ROTONDAS</b>							
<b>a) Distancia de visibilidad de parada</b>				<b>b) Distancia de visibilidad hacia la izquierda de la entrada</b>			
<b>Velocidad de Diseño (km/h)</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>85</b>	Diámetro inscrito (m)	Distancia de visibilidad (m)	
<b>100</b>					<40	Toda la intersección	
<b>Mínima Deseable (m)</b>	<b>70</b>	<b>95</b>	<b>125</b>	<b>165</b>	<b>225</b>	40-60	40
						60-100	50
<b>Mínima Absoluta (m)</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>95</b>	<b>125</b>	<b>165</b>	>100	60

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras.

La visibilidad requerida enfrente de la entrada se mide de la misma forma que la requerida para la izquierda y se utilizan las mismas distancias mostradas en la sección 5.10 de este capítulo. Se incluyen en forma gráfica los diferentes componentes de este requerimiento de visibilidad.

### **Ancho de Giro requerido para Vehículos Pesados**

Para determinar el ancho de giro requerido para vehículos pesados en una rotonda normal, se utilizan dos vehículos tipo, la combinación de tractor con semirremolque identificada como California en los documentos de referencia, de 19.8 metros de largo total, que corresponde a un vehículo WB-18 según la clasificación de la AASHTO16, y el autobús, cuyas dimensiones y requerimientos para giros se muestran.

Utilizando una isla central con bordillo de barrera y un claro mínimo de 1.0 metros, se pueden determinar del cuadro 2.3 el diámetro del círculo inscrito, f, y el ancho recomendable entre cunetas, g.

Tabla 2.3 Ancho de giro recomendable para rotondas, g, para vehículos pesados.

Diámetro del círculo inscrito	Vehículos de diseño			
	California mínimo		Bus mínimo	
91.4	6.6	6.6	5.2	5.2
85.3				
79.2	6.9	7.0	5.2	5.3
73.2				
67.1	7.3	7.6	5.3	5.5
61.0				
57.9	7.8	8.1	5.5	5.6
54.9				
51.8	8.4	8.7	5.8	5.8
48.8				
45.7	9.1	9.6	5.9	6.1
42.7				
39.6	10.2	11.1	6.2	6.4
36.6				
33.5	12.3	*	6.7	7.0
30.5				
29.0	*		7.2	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras.

## 2.4 MARCO CONCEPTUAL

### *2.4.1 Aplicación de la Topografía a las Carreteras.*

Para el estudio, elaboración y ejecución de cualquier proyecto de Ingeniería de obras viales, es necesario el uso de la Topografía. Siempre es necesaria la realización de algún tipo de levantamiento prácticamente para todas las etapas de la planeación del alineamiento que marcará la ruta de una vía en cuestión, para determinar tanto el diseño como el trabajo de construcción.

#### **Generalmente es necesario ejecutar las siguientes etapas:**

1°. El levantamiento topográfico de la zona o del área destinada para la obra. Las características del terreno son la guía del ingeniero, para la mejor distribución y ubicación de la obra, los estudios dirigidos a la obra vial consisten en levantamientos topográficos de una longitud considerable y un ancho relativo escaso (franja de estudio de 100, 200 metros de ancho por varios kilómetros de longitud). Los levantamientos en nuestro país se realizan en su mayoría por medio de dos métodos: Radiación y Secciones transversales, siendo este último el de mayor uso.

2°. La Geometría del proyecto, es donde se vinculan en forma analítica, los diferentes ejes de simetría de la obra, entre sí mismo y con elementos fijos del terreno, (puntos geodésicos) con fines de su posterior replanteo. En obras complejas puede resultar necesario el levantamiento de muchos detalles a partir de elementos como puntos geodésicos. Como referencia se pueden levantar los siguientes:

- El trazo de caminos y obras de arte existentes;
- Edificaciones y toda estructura hecha por el hombre;
- Servicios públicos, líneas de transmisión, etc.
- Drenajes existentes;



- Pavimentos existentes;
- Puentes y obras de paso existentes;
- Cercos y divisiones de propiedad;
- Desarrollo de taludes laterales;
- Ríos, quebradas, cauces y cursos de agua;
- Otros elementos necesarios que pudieran resultar de interés para las distintas especialidades involucrada en el proyecto.

3°. El replanteo, mediante el cual se ubican en el terreno las diferentes partes de la obra, en las posiciones relativas señaladas en el proyecto. Hay que mencionar que esta etapa se realiza una vez finalizado el diseño geométrico, para lo cual es necesario un listado de coordenadas @ “X” metros del eje de diseño con la respectiva elevación de rasante, además de un listado de coordenadas geodésicas para ser utilizadas con fines de búsqueda de los puntos del eje con un navegador GPS.

**2.4.1.1 Estudio Topográfico Del Trazado.** Entre dos o más puntos que van a unirse con una carretera pueden trazarse numerosas líneas. El problema radica, en seleccionar la que mejor satisfaga las especificaciones técnicas que se hayan establecido en el proyecto, las características topográficas de la zona a explorar, la naturaleza de los suelos y el drenaje. El método de estudio variará según se trate de terreno plano o accidentado, el cual se clasificará según lo establecido en el cuadro 2.4, considerando por separado las distintas topografías que haya en la ruta elegida como la mejor alternativa.

Tabla 2.4 Clasificación de los Terrenos en función de las Pendientes Naturales.

Tipo de terreno	Rangos de Pendientes (%)
Llano o plano	$G \leq 5$
Ondulado	$5 < G \leq 15$
Montañoso	$5 < G \leq 30$

G= Pendiente

Fuente: Según datos de la AASHTO

La AASHTO identifica las tres categorías generales de terreno del cuadro anterior, en la forma que se describe seguidamente:

**Terreno plano:** es aquel en el cual se dan condiciones topográficas favorables para los levantamientos de campo, el diseño horizontal y vertical, la construcción y reconstrucción de las obras viales, facilitándose el mantenimiento y la segura, cómoda y económica operación de los vehículos. Las distancias de visibilidad en el alineamiento horizontal y vertical pueden lograrse sin mayores dificultades.

**El Terreno ondulado:** presenta frecuentes pendientes de subida y bajada y, ocasionalmente, ofrece algunas dificultades y restricciones en el alineamiento horizontal y vertical de las carreteras.

El último tipo se identifica como **terreno montañoso**, el cual ofrece dificultades y altos costos en la construcción por la frecuencia de cortes y rellenos, que se requieren para lograr alineamientos horizontales y verticales aceptables. Las pendientes longitudinales y transversales son frecuentes en este tipo de terreno.

Las pendientes de las carreteras ya construidas tienen una influencia muy relevante en la operación de los vehículos que circulan por ellas. En los automóviles, las pendientes de subida hasta 5 por ciento, no tienen influencia apreciable en su velocidad, cuando se compara con las correspondientes a terreno plano.

En pendientes de subida mayores, la velocidad decrece progresivamente, y en las de bajada estos vehículos livianos sufren un pequeño aumento, siempre comparadas con las velocidades en terreno plano. Las condiciones del sitio relacionadas con comodidad y seguridad, imponen restricciones a estas velocidades.

**2.4.2 Diseño Geométrico de Carreteras.** Los diseños geométricos de carreteras y vías urbanas son un complejo campo de acción para los actuales diseñadores, puesto que ellos demandan tener en cuenta no solo los factores propios matemáticos del diseño, sino también el impacto social y ambiental que el diseño pueda generar mediante la alteración del espacio público. El objeto del diseño es mejorar el entorno y las condiciones de circulación vehicular de acuerdo a las necesidades viales proyectadas, considerando a su vez el cumplimiento de las Normas de Diseño geométrico vigentes en nuestro medio.

Geoméricamente, la carretera es un cuerpo tridimensional totalmente irregular, lo que en un principio hace complicada su representación. Sin embargo, posee una serie de particularidades que simplifican y facilitan su estudio:

- El predominio de una de sus dimensiones respecto a las otras dos: la carretera es una obra lineal.
- La posibilidad de reproducirla fielmente mediante el desplazamiento de una sección transversal que permanece constante a lo largo de un eje que define su trayectoria.

Estas dos características permiten la adopción de un sistema de representación relativamente sencillo, de fácil interpretación y muy útil desde el punto de vista constructivo.

En base a este sistema, la carretera queda totalmente definida mediante tres tipos de vistas: **Planta, Perfil Longitudinal y Perfil Transversal.**

- El Trazado en Planta suele ser el punto por el cual comienza a diseñarse geoméricamente una carretera, ya que al ser ésta una obra lineal, define perfectamente la forma y recorrido de la misma; sobre ella se representa de forma explícita la proyección horizontal de la carretera.
- El Perfil Longitudinal de una vía lo conforman las rasantes, que definen la inclinación de la vía y dotan de cota a cada uno de sus puntos.
- La Sección Transversal de una carretera es la vista idónea para definir perfectamente los diferentes elementos que la componen: plataforma, calzada, carriles, cunetas, etc.

En definitiva, a los tres aspectos anteriores es hacia donde se pretende llegar con un diseño geométrico. No obstante, existen ciertos parámetros de diseño que hay que tener en cuenta, los cuales rigen todo estudio relacionado con la geometría de obras viales.

En El Salvador al igual que en todo el territorio centroamericano, el Manual Centroamericano “Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales” 2ª edición, de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA, define estos parámetros como los elementos principales del diseño geométrico.

**2.4.3 Ingeniería de Transito.** La ingeniería del tránsito es otra especialidad de la ingeniería civil que nació hace algunas décadas a raíz de las transformaciones que ha experimentado el mundo, una de cuyas consecuencias es el empleo creciente del vehículo motorizado y ante el avance notable de la tecnología de este último, no obstante que los principios del motor a explosión hasta ahora en uso no han variado desde su aparición hace ya cerca de un siglo.

En sus comienzos la ingeniería de transito fue en su mayor parte empírica. Se basaba en la experiencia y en el análisis simple de unos cuantos datos obtenidos de la realidad.

Sin embargo, en los últimos tiempos ha tenido un desarrollo importante, tanto en lo que se refiere en la obtención de antecedentes del terreno como a su análisis, procesamiento, interpretación y resultados. Los tratamientos actualmente utilizados conducen a su aplicación más racional.

El perfeccionamiento de la especialidad es en gran medida el resultado del intercambio a nivel profesional que experimenta en conferencias, congresos y reuniones de carácter internacional, eventos que por otra parte tienen la virtud indiscutible de mantener al día y de estimular positivamente al especialista.

Aun cuando la especialidad adquirió forma como tal hace más de 40 años, la aplicación de algunos de sus principios tuvo lugar con bastante anterioridad, en las condiciones imperantes en la época y por cierto en forma elemental.

#### **2.4.4 Estudios de Ingeniería de Transito**

Los estudios de tránsito pueden agruparse en 3 categorías:

- 1 Inventarios: proporcionan una lista o una exposición grafica de la información existente, como anchos de calle, espacios de aparcamiento, rutas de tránsito, reglamentos de tránsito, etc. Algunos inventarios cambian con frecuencia, y por lo tanto requieren una actualización periódica.
- 2 Estudios administrativos: Emplean los registros existentes de ingeniería que están disponibles en las dependencias y en los departamentos de gobierno. Los estudios administrativos contemplan los resultados de las encuestas, incluyen mediciones de campo, fotografías aéreas o ambos.
- 3 Estudios dinámicos: cubren la recolección de datos en condiciones operativas e incluyen estudios de velocidad, volumen de tránsito, tiempo y demora de viaje, aparcamiento y choques.

**2.4.4.1 Estudios de Velocidad.** Los estudios de velocidad en el sitio se realizan para estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular y en un lugar específico en una carretera.

La velocidad de un vehículo se define como la rapidez de movimiento del vehículo; se expresa en millas por hora (mi/h) o kilómetros por hora (km/h).

Un estudio de velocidad en el sitio consiste en registrar la velocidad de una muestra de vehículos en un lugar específico. Las características de velocidad identificadas serán válidas solamente para las condiciones de tránsito y de medio ambiente que existan en el momento del estudio. Las características de velocidad que se determinan en el sitio pueden usarse para:

- Establecer parámetros para la operación y el control del tránsito, tales como: zonas de velocidad, o las restricciones de paso.

- Evaluar la efectividad de los dispositivos de control de tránsito, entre estos: señalamientos de mensajes variables en las zonas de trabajo.
- Verificar el efecto de los programas en vigor que monitorean de la velocidad.
- Evaluar y/o determinar lo adecuado de las características geométricas de la carretera, como: los radios horizontales de las curvas y las longitudes verticales de las mismas.
- Evaluar el efecto de la velocidad en la seguridad de las carreteras mediante el análisis de los datos de accidentes para diferentes características de velocidad.
- Determinar las tendencias de velocidad.

Las ubicaciones de los sitios para los estudios de velocidad dependen del uso anticipado de los resultados. En general se emplean las siguientes ubicaciones:

1. Las ubicaciones que representan condiciones diferentes de tránsito en una carretera o carreteras que se emplean para la recolección básica de datos.
2. Los lugares a la mitad de la cuadra en vialidades urbanas rectas y en secciones planas de carreteras rurales son sitios que se determinan para los análisis de tendencia de velocidad.
3. Cualquier puede usarse para la solución de un problema específico de ingeniería de tránsito.

La hora del día para realizar un estudio de velocidad depende del propósito del estudio. Si la finalidad del estudio es establecer límites de velocidad visibles, observar tendencias de velocidades o recolectar datos básicos, se recomienda que sea realizado cuando el tránsito está fluyendo libremente durante las horas no pico.

**2.4.4.2 Estudios de Volumen.** Se realizan estudios de volumen de tránsito para recolectar datos del número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo de tiempo determinado. Este periodo de tiempo varía desde 15 minutos hasta un año, dependiendo del uso anticipado de los datos. Los datos recolectados también pueden clasificarse en sub categorías como: movimientos direccionales, tasas de ocupación y clasificación de los vehículos

## **USO DE LOS VOLÚMENES DE TRANSITO**

De una manera general, los datos sobre los volúmenes de transito se utilizan ampliamente en los siguientes campos:

### **1. Planeación**

- Clasificación sistemática de redes de carreteras.
- Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.
- Modelos de asignación y distribución de tránsito
- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades.
- Análisis económicos.
- Estimaciones de la calidad del aire.
- Estimaciones del consumo de combustibles.

### **2. Proyecto**

- Aplicación a normas de proyecto geométrico.
- Requerimiento de nuevas carreteras.
- Análisis estructural de superficies de rodamiento.



### **3. Ingeniería de Tránsito**

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- Caracterización de flujos vehiculares.
- Zonificación de velocidades.
- Necesidad de dispositivos para el control del tránsito.
- Estudio de estacionamientos.

### **4. Seguridad**

- Cálculo de índice de accidentes y mortalidad.
- Evaluación de mejoras por seguridad.

### **5. Investigación**

- Nuevas metodologías sobre capacidad.
- Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad.
- Estudios sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito.
- Estudios de antes y después.
- Estudios sobre el medio ambiente y la energía.

### **6. Usos comerciales**

- Hoteles y restaurantes.
- Urbanismo.
- Autoservicios.

- Actividades recreacionales y deportivas.<sup>7</sup>

Específicamente, dependiendo de la unidad de tiempo en que se expresen los volúmenes de tránsito, estos se utilizarán para:

**1. Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA):** Es el promedio de los conteos de 24 horas recolectados todos los días del año. Los TDPA se usan en varios análisis de tránsito y de transporte para:

- Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas.
- Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras.
- Calcular índices de accidentes.
- Indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito,

especialmente en carreteras de cuota.

- Desarrollo de autopistas y de sistemas de calles arteriales principales.
- Desarrollo de los programas de mejora y mantenimiento.

**2. Tránsito Promedio Diario (TPD):** Es el promedio de los conteos de 24 horas recolectados, en un número de días mayor que 1, pero menor que un año. Los TPD se usan para:

- Medir la demanda actual en calles y carreteras.
- Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial.
- Definir el sistema arterial de calles.
- Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes.

---

<sup>7</sup> Mulinazzi, Thomas E. and Carter Everett C. Study of Statewide Traffic Volume counting Systems for Maryland and West Virginia, Research Report, Transportation Studies Center and Department of Civil Engineering, University of Maryland, State Highway Administration, 1977

- Programar mejoras capitales.

**3. Volumen de la Hora Pico (VHP):** Es el número máximo de vehículos que pasan por un punto en una carretera durante un periodo de 60 minutos consecutivos. Los VHP se usan para:

- Determinar la longitud y magnitud de los periodos de máxima demanda.
- Evaluar deficiencias de capacidad.
- Establecer controles en el tránsito, como: colocación de señales, semáforos y marcas viales; jerarquización de calles, sentidos de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.
- Proyectar y rediseñar geoméricamente calles e intersecciones.
- Regularización del desarrollo de estacionamientos.

**4. Clasificación de los vehículos (CV):** registra el volumen respecto al tipo de vehículos. La CV se usa para:

- El diseño de las características geométricas, con referencia específica a los requerimientos de radios de giro, pendientes máximas, anchos de carriles, etc.
- Los análisis de capacidad, respecto al equivalente de pasajero automóvil para los camiones.
- El ajuste de los conteos de tránsito (aforos vehiculares)
- El diseño estructural de los pavimentos de las carreteras, los puentes, etc.

**5. Las tasas de Flujo (q)**

- Analizar flujos máximos.
- Analizar variaciones del flujo dentro de las horas de máxima demanda.
- Analizar limitaciones de capacidad en el flujo de tránsito.
- Analizar las características de los volúmenes máximos.<sup>8</sup>

## **VOLÚMENES DE TRANSITO HORARIO**

- Volumen Horario Máximo Anual.

Se designa por la expresión VHMA, y es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado; es decir, que es la hora de mayor volumen de las 8,760 horas del año.

- Volumen Horario de Máxima Demanda.

Se define como VHMD, es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos.

- Volumen Horario – Décimo, Vigésimo, Trigésimo – Anual.

Se define como 10VH, 20VH y 30VH, y es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado, que es excedido por 9, 19 y 29 volúmenes horarios, respectivamente.

- Volumen Horario de Proyecto.

Se define como VHP, y es el volumen de transito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen

---

<sup>8</sup> Homburger, Wolfgang S.; Kell, James H. and Perkins, David D. Fundamentals of Traffic Engineering, Course Notes, 13 th edition, Institute of Transportation Studies, University of California at Berkeley, California

horario pronosticado; es decir, que no se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año.

## **MÉTODOS PARA REALIZAR LOS CONTEOS DE VOLUMEN**

Los conteos de volúmenes de tránsito se realizan mediante dos métodos básicos: Manual y Automático.

- **Método Manual**

En el conteo manual intervienen una o más personas, que por medio de un contador, registran a los vehículos observados. Con este tipo de contador pueden registrarse tanto los movimientos de dar vuelta en la intersección como los tipos de vehículos. Las desventajas del método manual de conteo son: 1) requiere mucha mano de obra y por lo tanto es caro, 2) está sujeto a las limitaciones de los factores humanos y 3) no puede usarse para periodos largos de conteo.

- **Método Automático**

Algunos contadores automáticos emplean un método de conteo que requiere la instalación en el camino de detectores de superficie (como los tubos neumáticos de camino) o detectores debajo de la superficie (como los aparatos magnéticos o de contacto eléctrico) Los cuales detectan el vehículo que pasa y transmiten la información a un registrador, que se conecta al detector a un lado del camino.

### ***2.4.5 Análisis del Flujo Vehicular***

Mediante el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito requisitos básicos para el planeamiento, proyecto, operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de

transporte. Con la aplicación de las leyes de las físicas y de las matemáticas, el análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el nivel de eficiencia de funcionalidad.

Uno de los resultados más útiles del análisis del flujo vehicular, es el desarrollo de modelos macroscópicos y microscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos han sido la base del desarrollo del concepto de capacidad y niveles de servicio aplicados a diferentes tipos de vialidad.

El objetivo, al abordar el análisis del flujo vehicular, es dar a conocer una de las metodologías e investigaciones y sus aplicaciones más relevantes en este tema, con particular énfasis en los aspectos que relacionan las variables de flujo vehicular, la descripción probabilística o casual del flujo de tránsito, la distribución de los vehículos en una vialidad y las distribuciones estadísticas empleadas en proyectos y control del tránsito.

**2.4.5.1 Variables Relacionadas con el Flujo.** Las variables relacionadas con el flujo son: el volumen, el intervalo simple entre vehículos consecutivos y el intervalo promedio entre varios vehículos.

### **TASA DE FLUJO O FLUJO( $q$ ) Y VOLUMEN( $q$ )**

La tasa de flujo  $q$ , es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada. Es pues, el número de vehículos,  $N$ , que pasan durante un intervalo de tiempo específico  $T$ , inferior a una hora en unidades de minutos o segundos. No obstante, la tasa de flujo,  $q$ , puede ser expresada en vehículos por hora, teniendo cuidado de su

interpretación, pues no se trata del número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa o volumen horario,  $Q$ . la tasa de flujo,  $q$ , se calcula entonces con la siguiente expresión:

$$q = \frac{N}{T}$$

Ecuación 2.2 – La tasa de flujo

### 1. Intervalo simple ( $h_i$ )

Es el intervalo de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos, generalmente expresado en segundos y medido entre puntos homólogos del par de vehículos.

### 2. Intervalo Promedio ( $\bar{h}$ )

Es el promedio de todos los intervalos simples,  $h_i$ , existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en segundos por vehículo (s/veh) y se calcula, de acuerdo a la figura 2.2, mediante la siguiente expresión:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} h_i}{N - 1}$$

Ecuación 2.3 – Intervalo Promedio

Dónde:

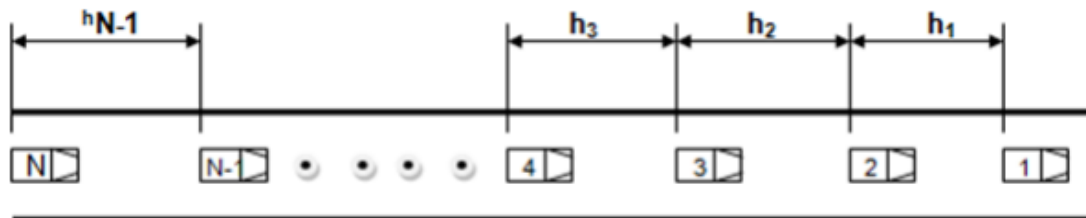
$\bar{h}$ = Intervalo Promedio (s/veh)

$N$ = Numero de vehículos (veh)

$N-1$ = Numero de intervalos (veh)

$h_i$ = Intervalo simple entre el vehículo  $i$  y el vehículo  $i+1$

Figura 2.5 Intervalo Promedio



Como las unidades del intervalo promedio  $\bar{h}$  (s/veh) son las unidades inversas de la tasa de flujo  $q$  (veh/s), por lo que también puede plantearse la siguiente relación:

$$\bar{h} = \frac{1}{q}$$

Ecuación 2.4 – Intervalo Promedio

**2.4.5.2 Variables Relacionadas con la Velocidad.** Las variables del flujo vehicular relacionadas con la velocidad son la velocidad instantánea, la velocidad media temporal, la velocidad media espacial, la velocidad de recorrido, la velocidad de marcha, la distancia de recorrido y el tiempo de recorrido.

**2.4.5.3 Variables Relacionadas con la Densidad.** Las variables del flujo vehicular relacionadas con la densidad son la densidad o concentración, el espaciamiento simple entre vehículos consecutivos y el espaciamiento promedio entre varios vehículos.

### 1. Densidad o concentración (k)

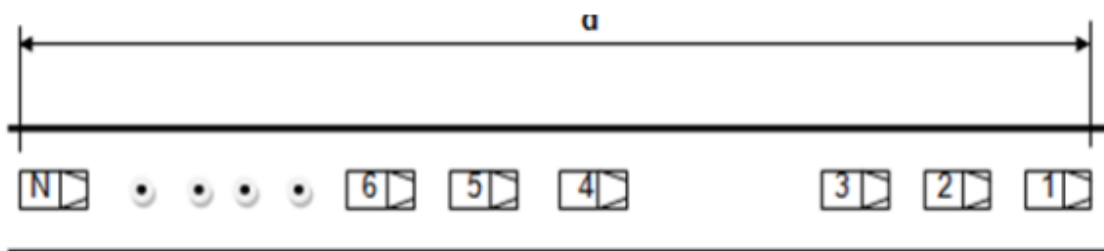
Es el número,  $N$ , de vehículos que ocupan una longitud específica,  $d$ , de una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km), ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada. Según la figura 2.3, se calcula como:

$$k = \frac{N}{d}$$



## Ecuación 2.5 – Densidad o concentración

Figura 2.6 Densidad o Concentración



## 2. Espaciamiento simple ( $S_i$ )

Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras.

## 3. Espaciamiento promedio ( $\bar{s}$ )

Es el promedio de todos los espaciamientos simples,  $S_i$ , existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en metros por vehículo (m/veh) y se calcula, de acuerdo a la figura 2.4, mediante la siguiente expresión:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} S_i}{N - 1}$$

Ecuación 2.6 – Espaciamiento promedio (a)

Dónde:

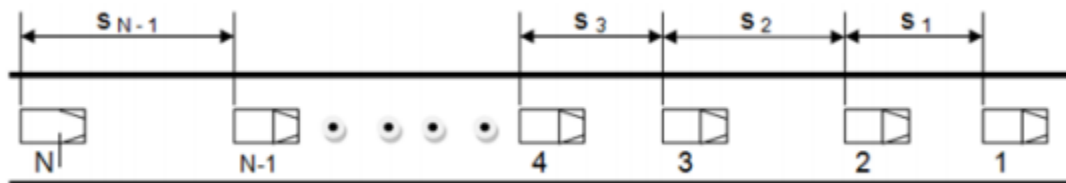
$\bar{s}$  = espaciamento promedio (m/veh)

N = número de vehículos (veh)

N-1 = número de espaciamientos (veh)

$S_i$  = espaciamiento simple entre el vehículo  $i$  y el vehículo  $i+1$

Figura 2.7 Espaciamiento promedio



Las unidades del espaciamiento promedio  $\bar{s}$  (m/veh) son las unidades inversas de la densidad  $k$  (veh/m), por lo que también puede plantearse la siguiente relación:

$$\bar{s} = \frac{1}{k}$$

Ecuación 2.7 – Espaciamiento Promedio (b)

**2.4.5.4 Concepto de Nivel de Servicio.** Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos entre cruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

El manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 2009, del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Las condiciones de operación de estos niveles para sistemas viales de circulación continua son:

1. **Nivel de servicio A:** Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al motorista, pasajero o peatón, es excelente.
2. **Nivel de servicio B:** Esta dentro del rango del flujo estable, aunque se empiecen a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel del servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.
3. **Nivel de servicio C:** Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.
4. **Nivel de servicio D:** Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón

experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

5. **Nivel de servicio E:** El funcionamiento está en él o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.
  
6. **Nivel de servicio F:** Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

## **CAPITULO III: SITUACION ACTUAL Y GENERALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO**

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Un redondel es un diseño vial especial, de forma circular, y que tiene la misión de permitir el cruce de varios caminos para de esta manera, disminuir la sucesión de accidentes que podría darse en el cruce de los mismos de no existir este sistema. Básicamente, un redondel es una intersección en la cual los segmentos que la conforman, calles, rutas o avenidas, están comunicadas, y dispone de una circulación de tipo rotatorio alrededor de una esfera central, que normalmente está diseñada como una plazoleta. Esto hace que los vehículos que pretendan circular por la misma lo hagan en derredor a este centro y siempre en un sentido contrario a cómo lo hacen las agujas del reloj.

La topografía, el medio ambiente, la infraestructura existente, etc., son factores que tienen un efecto determinante en el funcionamiento y en el tipo de optimización de una intersección y conjuntamente con los datos del tránsito, constituyen la información básica para el proyecto de estas obras. Determinar la movilidad y la accesibilidad de un redondel es un proceso que involucra evaluar varios factores, y los citados anteriormente son solo uno de ellos. Es necesario tener información básica, relacionada a la zona de estudio donde se ubica actualmente el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero que es en la salida de San Miguel a la Unión y que conecta la carretera que conduce de San Miguel hacia El Delirio, a continuación, se describe de manera general estas características del área de estudio.

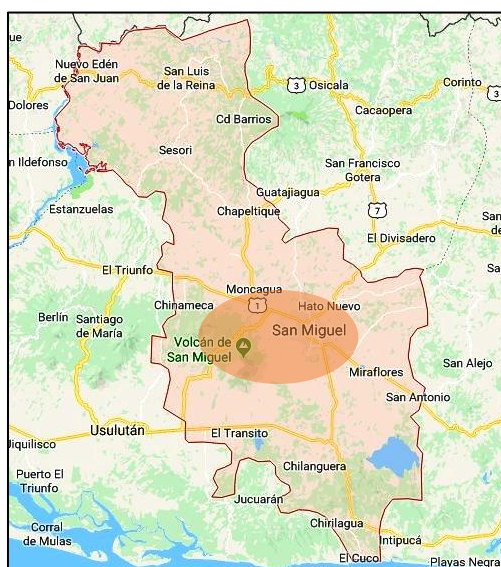
## 3.2 UBICACIÓN Y ASPECTOS RELEVANTES DE LA CIUDAD

### 3.2.1 *Ubicación Geográfica y Demografía*

La ciudad de San Miguel, cabecera departamental y municipal, está situada en la cuenca del Río Grande de San Miguel, tiene un área de 593,98 km<sup>2</sup>, y una altitud de 110 msnm. La topografía del lugar varía de ondulada a muy alomada. Riegan su territorio numerosos ríos y quebradas, entre los que destaca el río Grande de San Miguel. Su hidrografía también cuenta con las lagunas de Aramuaca, San Juan, El Jocotal, parte de la laguna de Olomega, y laguneta El Coco. La Ciudad se ubica al Noreste del volcán Chaparrastique y a 138 km al oriente de la ciudad de San Salvador. Limita al Norte con la republica de Honduras; al este con los departamentos de Morazán y La Unión; al oeste con los departamentos de cabañas, San Vicente y Usulután.

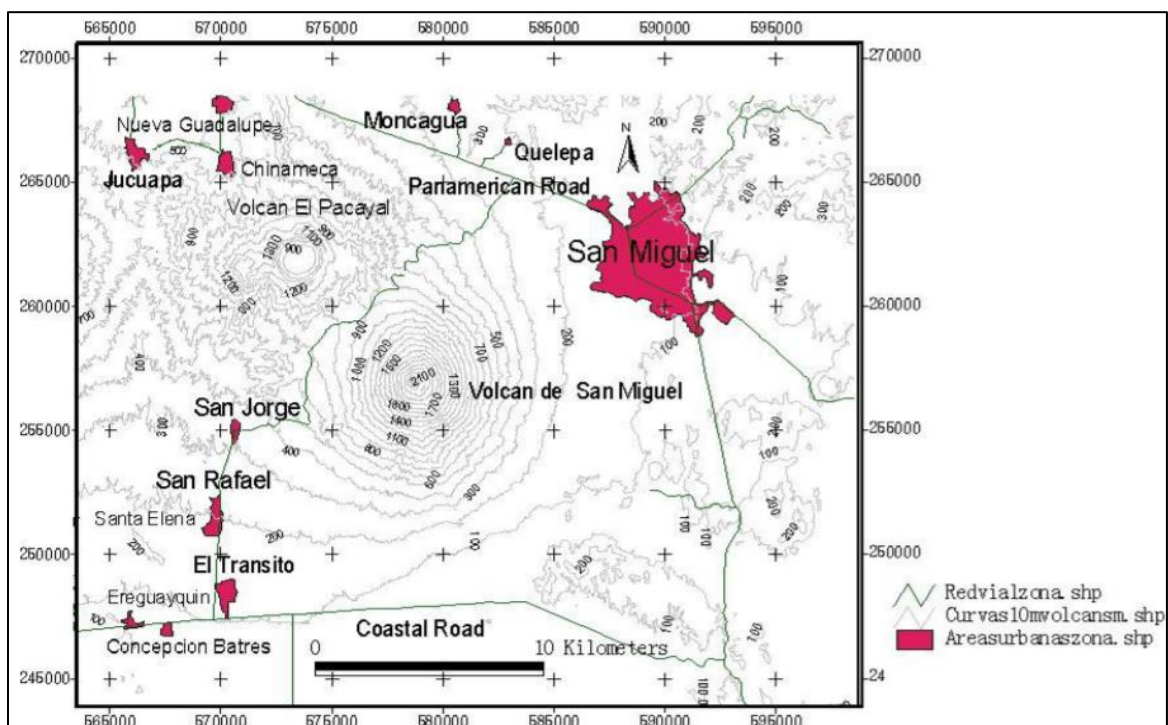
La población estimada para el municipio de San Miguel en el año 2013, es de 247 119 habitantes, con una densidad de población de 457,6 habitantes por km<sup>2</sup>. En el censo oficial del 2007, ocupaba el cuarto lugar en población a nivel nacional.

Figura 3.1 Ubicación en el mapa de la ciudad de San Miguel



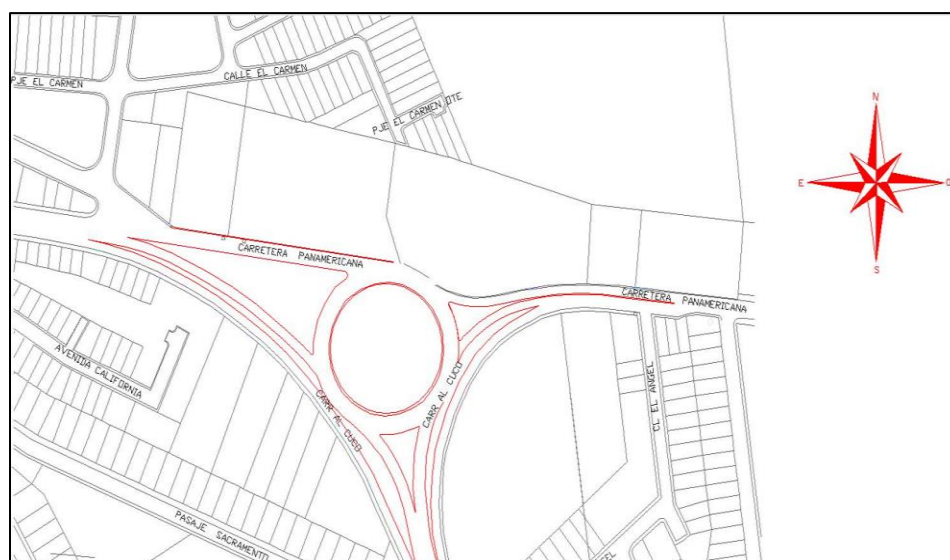
Fuente: Cartografía actualizada del CNR

Figura 3.2 Mapa de las curvas de nivel



Fuente: Mapa de curvas de nivel del área de influencia del volcán de San Miguel, mostrando la forma asimétrica del cono formado al sureste del volcán Pacayal (Escobar, D., 2003) utilizado con autorización.

Figura 3.3 Ubicación geográfica del área de estudio (Anexo 2)



Fuente: Elaboración propia



### 3.2.2 *El Relieve y la Topografía*

La ciudad de San Miguel se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 110 mts. y a 138 kilómetros al oriente de la ciudad de San Salvador y se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas siguientes: 13°29'00"N (Latitud); 88°11'00"W (Longitud). El área urbana de la ciudad presenta una topografía bastante irregular, con una pendiente bastante ligera.

### 3.2.3 *El Clima*

San Miguel se caracteriza por contar un clima clasificado como de sabana tropical caliente, propia de las localidades del departamento ubicadas a 110 metros sobre el nivel del mar. Este clima comprende una estación de lluvia y otra de sequía. La temporada de lluvias comienza en mayo hasta octubre y la de sequía comienza en noviembre hasta abril, siendo la ciudad más calurosa de Centroamérica no por sus máximas, sino porque en las horas de mayor insolación las temperaturas no bajan de 30 grados a la sombra durante este período. A continuación, el registro mensual de las temperaturas máximas y mínimas, y las precipitaciones totales en milímetros durante el año 2013.

Tabla 3.1 Parámetros climáticos promedio de San Miguel

<b>Parámetros Climáticos promedio de San Miguel</b>													
<b>Mes</b>	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun	Jul.	Ago.	Sep	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
<b>Temp. Máx. abs (°C)</b>	35	37	38	38	35	34	36	35	33	34	34	35	36
<b>Temp. Min. abs (°C)</b>	20	18	20	22	22	22	22	20	22	22	21	19	21
<b>Precipitación total (mm)</b>	0	0	7	34	49	94	162	88	147	122	35	5	743

Fuente: Clima en El Salvador SNET

### 3.3 ESTRUCTURAS HIDRAULICAS EXISTENTES EN LA INTERSECCIÓN

Se realizó una visita de campo a la zona en estudio, para determinar las estructuras hidráulicas existente en la intersección y su condición actual; mediante el levantamiento topográfico, inspecciones y recopilación fotográfica en campo, se obtuvieron los siguientes resultados.

#### 3.3.1 *Cordón Cuneta*

Está ubicado en el borde de todas las estructuras que componen el redondel, se encuentra en buenas condiciones, ya que no se observó daño severo en ningún tramo y la dimensión de ella es constante.

Figura 3.4 Cordón Cuneta



Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2 *Tragantes*

En su mayoría tragantes de banqueta, estos están ubicados en diferentes puntos de la estructura del redondel y sus alrededores inmediatos, como en hombros y calles paralelas a esta, todos cuentan con las mismas dimensiones y presentan daños, mayormente quebraduras.

Figura 3.5 Tragantes existentes en la estructura del redondel



Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 *Pozos*

Se observó en la visita de campo pozos de aguas negras, lluvias y potable. Los pozos de aguas negras están ubicados tanto en la calle, como en las isletas que conforman la estructura, los

pozos de agua potable y lluvia están ubicados en las zonas externas del redondel, es decir, en las calles paralelas a las que sí tienen acceso al anillo interior.

Figura 3.6 Pozos de aguas negras



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7 Pozo de aguas lluvias



Fuente: Elaboración propia

Figuras 3.8 Pozos de agua potable



Fuente: Elaboración propia

### 3.4 ESTADO DE LA CAPA DE RODADURA DE LA INTERSECCIÓN

Se detalla por medio de imágenes el estado en el que se encuentra la carpeta asfáltica en la zona de estudio, abarcando por lo menos 125 m de radio a partir del eje central de la intersección para cada ramal que interviene.

#### 3.4.1 *CA-1 San Miguel*

La sección presenta fisuras en el pavimento y hundimiento formando un pequeño bache antes de la incorporación de lleno al anillo de la intersección.

- FALLAS SOBRE EL PAVIMENTO
- 

Figura 3.9 Fisuras en bloques de severidad media



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10 Fisura Transversal



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.11 Hundimiento



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2 *CA-1 La Unión*

Esta es la sección que presenta mayores fallas como fisuras en el pavimento, peladuras en tratamiento asfáltico sobre adoquín, desgaste de carpeta y agrietamiento en bordes antes de la incorporación a la intersección.

- FALLAS SOBRE EL PAVIMENTO

Figura 3.12 Fisuras transversales en el pavimento



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13 Desintegración por peladura en tratamiento asfáltico.



Fuente: Elaboración propia



Figura 3.14 Desgaste de carpeta



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15 Agrietamiento en bordes severidad alta



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.3 *El Delirio - San Miguel*

La sección no presenta fallas ni desgastamiento o agrietamientos.

Figura 3.16 Tramos de carretera en buen estado



Fuente: Elaboración propia

## 3.5 SEÑALIZACIÓN EXISTENTE EN LA INTERSECCIÓN

### 3.5.1 Señales

Es necesario recalcar que en la intersección solo hay tres señales de tránsito, las cuales están colocadas en las salidas de cada uno de sus ramales, antes de llegar al anillo interior, estas no están en lugares que tengan buena visibilidad, incluso existe una que está totalmente deteriorada y al estar al lado de árboles no permite que el conductor pueda percatarse de ella, también hay señales reglamentarias informativas. ANEXO 4

- Restrictivas

Están ubicadas en las salidas de cada ramal hacia el anillo interior, en la entrada de La Unión y Usulután se encuentran señales de alto las cuales presentan deterioro y en la de San Miguel una señal de ceda el paso.

Figura 3.17 Señal de Alto, CA-1 LA UNION



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.18 Señal de alto, EL DELIRIO – SAN MIGUEL



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.19 Señal de ceda el paso, CA-1 San Miguel



Fuente: Elaboración propia

- Informativas

Entre las señales informativas que son para ubicar al conductor con respecto a la ruta de cada ramal de salida.

Figura 3.20 Señales informativas



Fuente: Elaboración propia.

- Demarcación en el pavimento

La demarcación horizontal que se encuentra está bastante visible y no existe mayor desgaste de esta en toda la rotonda.

Figura 3.21 Demarcación horizontal



Fuente: Elaboración propia

### 3.6 CONTAMINACIÓN VISUAL EN LA INTERSECCIÓN

Con el paso del tiempo las vías de comunicación terrestres se han visto afectadas grandemente por la contaminación visual, problema que afecta en la visibilidad del conductor, el cual es uno de los principales factores de riesgos de accidentes.

En el entorno del redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero se encuentran establecimientos comerciales, existen vallas publicitarias a lo largo de todo el redondel, sumado a esto la influencia de árboles que tienen una gran altura y perturban toda la visibilidad a la hora de integrarse al anillo interior.

#### 3.6.1 *Publicidad*

Se refiere a todos los carteles y rótulos en la zona de influencia que sea para uso de empresas y comercios, estos se ubican tanto en tramos de salida como de entrada y en las diferentes isletas que conforman el redondel.

Figura 3.22 Vallas publicitarias



Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2 Árboles

En el anillo central de la rotonda se encuentran arboles llamados "pino hindú" o conocido vulgarmente como "Sagrada familia" estos tienen una altura aproximada de 3 metros y abarcan toda la circunferencia de este, provocando así una limitante visual para el conductor al momento de integrarse.

Figura 3.23 Árboles que interfieren con la visibilidad



Fuente: Elaboración propia



### 3.6.3 Estructuras Especiales

Existen estructuras especiales que en algunos sistemas viales se colocan para la ornamentación de las áreas públicas como por ejemplo los monumentos, pero también otras que son únicamente de temporada (Navidad, día de la Madre, día del Padre, etc.), tales estructuras si no cumplen con las medidas adecuadas se convierten en contaminación visual y que influyen negativamente en la intersección, a continuación, se presentan los existentes en el área de estudio:

Figura 3.24 Estructuras especiales



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.25 Estructuras especiales de temporada



Fuente: Elaboración propia.

### 3.7 ESTUDIO TOPOGRAFICO

Para conocer la topografía de la zona se procedió a investigar sobre mediciones anteriores, en este proceso se descubrió que existe un levantamiento previo, pero no se tuvo acceso a él ya que la estructura es antigua y el levantamiento fue hecho para el desarrollo del proyecto. Se procedió a hacer un levantamiento de la estructura actual para fines informativos sobre: anchos de carril, obras hidráulicas, curvas de nivel, estado actual de hombros, accesos paralelos al redondel, etc.



Se inició el levantamiento con todo el equipo necesario: estación total, prisma, GPS, cinta métrica, plomada, trompos, clavos, martillo y demás implementos para el buen desarrollo de la medición. En total se tomaron 7 estaciones para poder barrer toda la zona y se abarco un radio de 300 metros desde el centro del redondel.

Se tomaron en cuenta señales de tránsito, drenaje superficial, posos de aguas negras y lluvias, accesos de las distintas colonias, cambio de terreno, ancho de carriles, accesos a comercios, separadores viales, arboles de importancia, ubicación de monumentos, y para generación más exacta de curvas de nivel se colocaron puntos a cada 3 metros aproximadamente en toda la zona incluyendo las estructuras internas de separación.

Una vez realizada la medición se procedió a recrear el diseño de toda la superficie, curvas de nivel, ubicación y descripción de los puntos de interés utilizando AutoCAD civil 3D versión 2017.

A continuación, se presenta la ficha del levantamiento topográfico con los datos generales:

Figura 3.26 Ficha de datos de Levantamiento Topográfico.

<b>FICHA DE DATOS PARA BASES DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</b>			
<b>PROYECTO:</b> ANALISIS DE LA MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD VEHICULAR EN EL REDONDEL MONSEÑOR OSCAR ARNULFO ROMERO, SAN MIGUEL			
<b>METODO DE ESTABLECIMIENTO:</b>		ESTACIÓN TOTAL	
<b>TRAMO:</b>	REDONDEL MONSEÑOR OSCAR ARNULFO ROMERO Y LAS ARTERIAS QUE CONVERGEN EN EL.		
<b>MUNICIPIO:</b>	SAN MIGUEL	<b>DEPARTAMENTO:</b>	SAN MIGUEL
<b>ESTACIÓN:</b>	STA 2	<b>LONGITUD:</b>	1053.19
<b>LATITUD:</b>	976.36	<b>VISTA ATRÁS</b>	STA 1
<b>ELEVACIÓN</b>	100.38 M	<b>DATUM</b>	NAD27
<b>RESPONSABLES:</b>	BONILLA GALVEZ BLANCA ROSELVY QUINTANILLA FUNES JOSELINE GISSELLE ZELAYA RIVERA ELIZABETH MICHELLE		
<b>REFERENCIA FOTOGRAFICA:</b>			
			

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado del levantamiento se elaboraron los diferentes planos reflejados en los anexos de los cuáles se obtuvieron todos los datos geométricos del Redondel en estudio.

### 3.8 DIMENSIONES DE LA INTERSECCION

Las dimensiones que actualmente presentan las carreteras que conectan a la intersección son variadas al igual que la estructura del redondel debido a que a medida estas convergen sufren un ensanchamiento o viceversa, para lo cual a continuación se presenta una lista de las medidas más importantes.

En el ANEXO 3 y 4 se puede observar el estado actual de la intersección el cual contiene las siguientes características:

1. Nombre y ancho de cada ramal.
2. Radio de isleta central.
3. Ancho de pavimento de la rotonda.
4. Tramo de entrecruzamiento.
5. Dimensiones de isletas de canalización.
6. Restricciones de tránsito (alto, ceda el paso, marcas sobre el pavimento).
7. En cada ramal
  - Radios de entradas y salidas
  - Anchos de carril de entradas y salidas

## 3.9 ANALISIS DE LAS VIAS QUE CONVERGEN EN LA ZONA DE ESTUDIO

### 3.9.1 *Generalidades*

Para poder elaborar la evaluación de los factores del tráfico en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, se ha realizado un conteo de volumen vehicular, colocando los puntos de aforo específicamente en cada una de las entradas, así se obtiene el dato de los vehículos que circulan por cada vía y se incorpora en la intersección en las horas de máxima demanda, se han obviado los carriles directos de San Miguel a Usulután y el que se dirige de Usulután a La Unión pues estos no afectan en la demanda.

Al no contar con un estudio de tránsito se procedió a realizar un aforo vehicular de las arterias que conectan a la intersección. El método utilizado fue el conteo y clasificación manual.

El conteo manual realizado es de significancia, ya que fue realizado en un periodo de “normalidad” en cuanto a la circulación vehicular y se espera que los resultados sean cercanos a los esperados antes del surgimiento del Virus COVID-19.

### 3.9.2 *Periodos De Aforo*

El periodo de duración del aforo es un factor importante, ya que de él depende el nivel de confianza y el porcentaje de error que se tenga de los datos obtenidos para el diseño.

Lo ideal sería que el periodo de aforo durara los 365 días del año, pero debido a falta de recursos humanos y de capital no está al alcance de este proyecto.

Para el presente estudio se ha realizado un conteo de Volumen Horario Máximo Anual, se designa por la expresión VHMA, y es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado; es decir, que es la hora de mayor volumen de las 8,760 horas del año.

### 3.9.3 Determinación De Volúmenes

El aforo se efectuó realizando una clasificación vehicular en intervalos de 60 minutos por un lapso de 12 horas consecutivas el día lunes 16 de diciembre de 2019.

Se han tomado tres puntos de aforo, uno para cada entrada al Redondel.

A continuación, se representan los datos de CA-1 SAN MIGUEL, EL DELIRIO – SAN MIGUEL y CA-1 LA UNION.

Tabla 3.2 Conteo Vehicular en el tramo CA-1 San Miguel

Conteo Vehicular del tramo CA-1 San Miguel																	
HORA DE AFORO	BICICLETA	MOTOCICLET A	AUTOMOVIL	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TOTAL, POR HORA
6:00 A.M	8	89	272	108	40	30	26	7	0	0	0	0	0	0	0	0	580
7:00 A.M	6	128	384	156	20	28	40	2	38	0	3	0	1	0	0	0	806
8:00 A.M	4	132	468	252	36	48	80	12	42	0	10	2	0	0	0	0	1086
9:00 A.M	16	159	446	148	42	28	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	875
10:00 A.M	8	142	432	128	21	20	25	2	1	0	1	0	2	0	0	0	782
11:00 A.M	5	98	354	112	25	21	28	1	3	0	2	0	1	0	0	0	650
12:00 P.M	4	96	330	179	32	27	50	4	0	0	0	1	0	0	1	0	724
1:00 P.M	1	63	285	182	42	19	61	2	0	0	0	0	0	1	0	0	656
2:00 P.M	0	52	298	132	29	20	25	1	1	0	1	0	0	0	0	1	560
3:00 P.M	1	64	185	220	31	18	23	3	0	0	0	1	0	0	0	0	546
4:00 P.M	3	74	301	265	35	25	23	1	3	0	2	0	0	1	0	0	733
5:00 P.M	21	197	433	175	45	28	27	2	0	0	0	0	0	0	3	1	932
<b>TOTAL, POR VEHICULO</b>	<b>77</b>	<b>1294</b>	<b>4188</b>	<b>2057</b>	<b>398</b>	<b>312</b>	<b>444</b>	<b>37</b>	<b>88</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>8930</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3 Conteo Vehicular en el tramo CA-1 La Unión

<b>Conteo Vehicular del tramo CA-1 La Unión</b>																	
<b>HORA DE AFORO</b>	<b>BICICLETA</b>	<b>MOTOCICLETA</b>	<b>AUTOMOVIL</b>	<b>PICK UP</b>	<b>MICROBUS</b>	<b>BUS</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C2-S1</b>	<b>C4</b>	<b>T2-S1</b>	<b>T2-S2</b>	<b>T2-S3</b>	<b>T3-S1</b>	<b>T3-S2</b>	<b>T3-S3</b>	<b>TOTAL POR HORA</b>
6:00 A.M	19	157	299	125	27	26	46	4	0	0	0	0	0	0	1	1	705
7:00 A.M	4	170	311	137	17	28	49	4	0	0	0	0	0	0	2	2	724
8:00 A.M	2	80	276	184	22	31	63	0	0	0	0	0	0	0	4	1	663
9:00 A.M	2	50	289	140	22	10	50	0	5	0	0	0	0	0	0	0	568
10:00 A.M	3	43	273	154	25	15	38	0	1	0	0	0	0	0	1	0	553
11:00 A.M	2	38	256	147	28	21	34	1	0	0	0	1	0	0	0	0	528
12:00 P.M	5	75	283	151	30	28	63	5	0	0	0	0	1	1	3	8	653
1:00 P.M	2	79	264	180	24	20	52	15	0	3	0	0	0	0	2	3	644
2:00 P.M	1	52	245	139	22	13	48	6	3	0	0	0	1	0	0	0	530
3:00 P.M	1	48	291	146	19	24	36	2	1	1	0	0	0	0	0	1	570
4:00 P.M	3	45	301	156	21	23	29	4	0	0	0	0	0	0	0	0	582
5:00 P.M	4	60	270	180	24	26	32	0	10	0	0	4	0	0	0	0	610
<b>TOTAL POR VEHICULO</b>	<b>48</b>	<b>897</b>	<b>3358</b>	<b>1839</b>	<b>281</b>	<b>265</b>	<b>540</b>	<b>41</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>7330</b>

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 3.4 Conteo Vehicular en el tramo El Delirio – San Miguel

<b>Conteo Vehicular del tramo El Delirio - San Miguel</b>																	
<b>HORA DE AFORO</b>	<b>BICICLETA</b>	<b>MOTOCICLETA</b>	<b>AUTOMOVIL</b>	<b>PICK UP</b>	<b>MICROBUS</b>	<b>BUS</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C2-S1</b>	<b>C4</b>	<b>T2-S1</b>	<b>T2-S2</b>	<b>T2-S3</b>	<b>T3-S1</b>	<b>T3-S2</b>	<b>T3-S3</b>	<b>TOTAL POR HORA</b>
6:00 A.M	5	106	305	102	21	18	26	5	0	0	0	0	0	1	2	0	591
7:00 A.M	3	91	411	150	17	16	34	4	1	0	0	0	0	0	5	0	732
8:00 A.M	1	60	336	177	18	17	50	3	0	0	0	1	1	0	1	2	667
9:00 A.M	4	42	294	122	8	12	31	1	0	0	0	0	0	0	4	0	518
10:00 A.M	3	63	220	150	5	13	20	2	1	0	1	0	0	0	2	0	480
11:00 A.M	7	95	290	130	17	16	29	1	0	0	0	1	1	0	0	0	587
12:00 P.M	8	120	280	360	22	16	23	0	0	2	0	4	0	0	0	0	835
1:00 P.M	11	145	350	310	20	17	41	0	0	4	0	0	0	0	0	0	898
2:00 P.M	4	60	310	125	16	15	32	0	0	1	0	0	0	0	0	0	563
3:00 P.M	3	110	240	135	29	11	25	0	0	2	1	0	0	0	0	0	556
4:00 P.M	15	91	236	127	23	13	21	0	0	2	1	0	0	0	0	1	530
5:00 P.M	16	61	330	118	34	10	37	0	0	0	0	0	0	0	2	1	609
<b>TOTAL POR VEHICULO</b>	<b>80</b>	<b>1044</b>	<b>3602</b>	<b>2006</b>	<b>230</b>	<b>174</b>	<b>369</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>7566</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5 Sumatoria del conteo en cada arteria.

<b>Conteo Vehicular Total</b>																	
HORA DE AFORO	BICICLETA	MOTOCICLETA	AUTOMOVIL	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TOTAL, POR HORA
6:00 A.M	32	352	876	335	88	74	98	16	0	0	0	0	0	1	3	1	1876
7:00 A.M	13	389	1106	443	54	72	123	10	39	0	3	0	1	0	7	2	2262
8:00 A.M	7	272	1080	613	76	96	193	15	42	0	10	3	1	0	5	3	2416
9:00 A.M	22	251	1029	410	72	50	117	1	5	0	0	0	0	0	4	0	1961
10:00 A.M	14	248	925	432	51	48	83	4	3	0	2	0	2	0	3	0	1815
11:00 A.M	14	231	900	389	70	58	91	3	3	0	2	2	2	0	0	0	1765
12:00 P.M	17	291	893	690	84	71	136	9	0	2	0	5	1	1	4	8	2212
1:00 P.M	14	287	899	672	86	56	154	17	0	7	0	0	0	1	2	3	2198
2:00 P.M	5	164	853	396	67	48	105	7	4	1	1	0	1	0	0	1	1653
3:00 P.M	5	222	716	501	79	53	84	5	1	3	1	1	0	0	0	1	1672
4:00 P.M	21	210	838	548	79	61	73	5	3	2	3	0	0	1	0	1	1845
5:00 P.M	41	318	1033	473	103	64	96	2	10	0	0	4	0	0	5	2	2151
<b>TOTAL, POR VEHICULO</b>	<b>205</b>	<b>3235</b>	<b>11148</b>	<b>5902</b>	<b>909</b>	<b>751</b>	<b>1353</b>	<b>94</b>	<b>110</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>33</b>	<b>22</b>	<b>23826</b>

Fuente: Elaboración propia

En el conteo realizado se ha registrado el volumen respecto al tipo de vehículo, ya que es necesario verificar si las características geométricas de la intersección están acorde a los requerimientos.

Al utilizar factores de expansión y los datos recopilados en las tablas anteriores se podrá calcular el TPDA.

### 3.9.4 *Clasificación Vehicular*

Los criterios para el diseño geométrico<sup>9</sup> de las carreteras se basan parcialmente en las características estáticas, cinemáticas y dinámicas de los vehículos. Las características estáticas consideran el tamaño del vehículo; las características cinemáticas comprenden el movimiento del vehículo, sin considerar las fuerzas que causan el movimiento; las características dinámicas toman en cuenta las fuerzas que causan el movimiento del vehículo. Ya que casi todas las carreteras alojan tanto automóviles particulares como tránsito de camiones, es esencial que los criterios de diseño consideren las características de los diferentes tipos de vehículos.

Las características del vehículo de diseño son aprovechadas para determinar criterios en el diseño geométrico, el diseño de las intersecciones y los requerimientos de distancia visual.



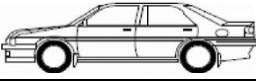
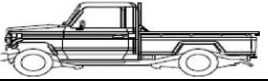

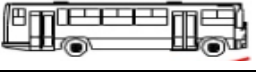

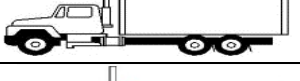
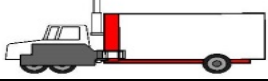
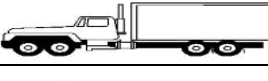
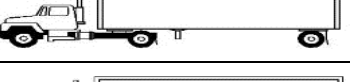
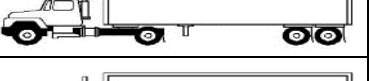
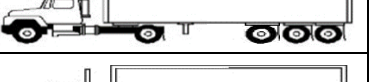
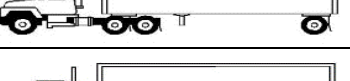
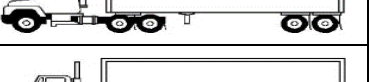
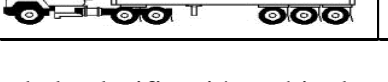
En nuestro país “Servicios de Tránsito Centroamericanos S.A. de C.V. SERTRACEN - El Salvador” es la empresa encargada de la matrícula de vehículos automotores y de la emisión de licencias de conducir.

En su página web se encuentra todo lo referente a requisitos y costos de trámites de vehículos y licencias. SERTRACEN El Salvador es una empresa certificada ISO 9001:2015, lo cual asegura a su cliente y usuarios en general, que la empresa cumple con los más altos estándares de calidad a nivel mundial.

---

<sup>9</sup> Manual Centroamericano de Diseño Geométrico de Carreteras (2001)

Figura 3.27 Clasificación Vehicular

CONFIGURACION	ESQUEMA DEL VEHICULO	DESCRIPCION
BC		Bicicleta
MTO		Motocicleta
AUT		Automovil
PUP		Pick Up
MB		Microbus
B		Bus
C2		Camion Rigido
C3		Camion Rigido
C2-S1		Camion Rigido
C4		Camion Rigido
T2-S1		Tractocamion de dos ejes con semiremolque un eje
T2-S2		Tractocamion de dos ejes con semiremolque dos ejes
T2-S3		Tractocamion de dos ejes con semiremolque tres ejes
T3-S1		Tractocamion de tres ejes con semiremolque un eje
T3-S2		Tractocamion de tres ejes con semiremolque dos ejes
T3-S3		Tractocamion de tres ejes con semiremolque tres ejes

Fuente: Adaptado de la clasificación vehicular de SERTRACEN

### 3.9.5 Cálculo del Tránsito Diario (TD)

Para calcular el Tránsito Diario se utilizará la fórmula que sigue y los factores de expansión para nocturnidad.

$$\text{Volumen}_{24 \text{ horas}} = \text{Volumen}_{12 \text{ horas}} \times \text{Factor de expansión nocturno.}$$

*Ecuación 3.1 - Volumen Diario*

Tramo CA-1 San Miguel

- Bicicletas

Volumen<sub>12 horas</sub> = 77 bicicletas

Tabla 3.6 Factor de expansión para nocturnidad.

FACTOR DE EXPANSION PARA NOCTURNIDAD						
LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
1.2338	1.2753	1.2781	1.2631	1.2728	1.2461	1.2779

Fuente: Adaptado del MOP

#### LUNES

Factor de expansión nocturno (lunes) = 1.2338

V = ?

Solución

V = 77 bicicletas x 1.2338

V = 95 bicicletas

#### MARTES

Factor de expansión nocturno (martes) = 1.2753

V = ?

Solución

V = 77 bicicletas x 1.2753

V = 99 bicicletas

#### MIÉRCOLES

Factor de expansión nocturno (miércoles) = 1.2781

V = ?

Solución

$$V = 77 \text{ bicicletas} \times 1.2781$$

$$V = 99 \text{ bicicletas}$$

### **JUEVES**

$$\text{Factor de expansión nocturno (jueves)} = 1.2631$$

$$V = ?$$

Solución

$$V = 77 \text{ bicicletas} \times 1.2631$$

$$V = 98 \text{ bicicletas}$$

### **VIERNES**

$$\text{Factor de expansión nocturno (viernes)} = 1.2728$$

$$V = ?$$

Solución

$$V = 77 \text{ bicicletas} \times 1.2728$$

$$V = 98 \text{ bicicletas}$$

### **SÁBADO**

$$\text{Factor de expansión nocturno (sábado)} = 1.2461$$

$$V = ?$$

Solución

$$V = 77 \text{ bicicletas} \times 1.2461$$

$$V = 96 \text{ bicicletas}$$

### **DOMINGO**

$$\text{Factor de expansión nocturno (miércoles)} = 1.2779$$

$$V = ?$$

Solución

$$V = 77 \text{ bicicletas} \times 1.2779$$

$$V = 99 \text{ bicicletas}$$

### **TOTAL, SEMANAL = 684 BICICLETAS**

Este mismo proceso, se realizará para cada tipo de vehículo que pasa por los diferentes tramos y se verá reflejado en las siguientes tablas:

Tabla 3.7 Cálculo del Transito Diario tramo CA-1 San Miguel

Tránsito Diario del tramo CA-1 San Miguel								
VEHÍCULOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL
<b>Bicicleta</b>	95	99	99	98	98	96	99	684
<b>Motocicleta</b>	1597	1650	1654	1634	1647	1613	1654	11449
<b>Automóvil</b>	5168	5341	5353	5331	5219	5219	5352	36983
<b>Pick Up</b>	2538	2624	2629	2599	2619	2564	2629	18202
<b>Microbús</b>	491	506	508	503	507	496	509	3520
<b>Bus</b>	385	398	399	395	398	389	399	2763
<b>C2</b>	548	567	568	561	565	554	568	3931
<b>C3</b>	46	47	48	47	47	46	48	329
<b>C2-S1</b>	109	113	113	112	112	109	113	781
<b>C4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>T2-S1</b>	24	25	25	24	24	23	25	170
<b>T2-S2</b>	5	6	5	5	5	5	5	36
<b>T2-S3</b>	5	6	5	5	5	5	5	36
<b>T3-S1</b>	3	3	3	3	3	3	3	21
<b>T3-S2</b>	5	6	5	5	5	5	5	36
<b>T3-S3</b>	3	3	3	3	3	3	3	21

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.8 Cálculo del Transito Diario tramo El Delirio – San Miguel

Tránsito Diario del tramo El Delirio - San Miguel								
VEHÍCULOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL
<b>Bicicleta</b>	99	102	102	101	102	100	102	708
<b>Motocicleta</b>	1288	1331	1334	1319	1329	1301	1334	9236
<b>Automóvil</b>	4445	4594	4604	4550	4585	4488	4603	31869
<b>Pick Up</b>	2475	2558	2564	2534	2553	2500	2563	17747
<b>Microbús</b>	284	293	294	291	293	287	294	2036
<b>Bus</b>	215	222	222	220	221	217	222	1539
<b>C2</b>	455	471	472	466	470	460	472	3266
<b>C3</b>	20	20	20	20	20	20	20	140
<b>C2-S1</b>	2	3	3	3	3	2	3	19
<b>C4</b>	14	14	14	14	14	14	14	98
<b>T2-S1</b>	4	4	4	4	4	4	4	28
<b>T2-S2</b>	7	8	8	8	8	7	8	54
<b>T2-S3</b>	2	3	3	3	3	2	3	19
<b>T3-S1</b>	1	1	1	1	1	1	1	7
<b>T3-S2</b>	20	20	20	20	20	20	20	140
<b>T3-S3</b>	5	5	5	5	5	5	5	35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.9 Cálculo del Transito Diario tramo CA-1 La Unión

Tránsito Diario del tramo CA-1 La Unión								
VEHÍCULOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL
Bicicleta	59	61	61	61	61	60	61	424
Motocicleta	1107	1144	1146	1133	1142	1118	1146	7936
Automóvil	4143	4282	4292	4241	4274	4184	4291	29707
Pick Up	2269	2345	2350	2323	2341	2292	2350	16270
Microbús	347	358	359	355	358	350	359	2486
Bus	327	338	339	335	337	330	339	2345
C2	666	689	690	682	687	673	690	4777
C3	51	52	52	52	52	51	52	362
C2-S1	25	26	26	25	25	25	26	178
C4	5	5	5	5	5	5	5	35
T2-S1	0	0	0	0	0	0	0	0
T2-S2	6	6	6	6	6	6	6	42
T2-S3	2	3	3	3	3	2	3	19
T3-S1	1	1	1	1	1	1	1	7
T3-S2	16	17	17	16	17	16	17	116
T3-S3	20	20	20	20	20	20	20	140

Fuente: Elaboración propia.

### 3.9.6 *Transito Promedio Diario Semanal (TPDS)*

Partiendo de las tablas anteriores, se realizará el cálculo del tránsito promedio semanal (TPDS) con la siguiente formula:

$$\text{TPDS} = \text{total semanal} / 7 \text{ días}$$

*Ecuación 3.2 - Transito Promedio Diario Semanal*

Tramo CA-1 San Miguel

- Bicicletas

A continuación, se representará en una tabla el cálculo efectuado para cada vehículo



Tabla 3.10 Transito Promedio Diario Semanal Ca-1 San Miguel

<b>Transito Promedio Diario Semanal tramo CA-1 San Miguel</b>	
<b>VEHICULO</b>	<b>TPDS</b>
Bicicleta	98
Motocicleta	1636
Automóvil	5283
Pick Up	2600
Microbús	503
Bus	395
C2	562
C3	47
C2-S1	112
C4	0
T2-S1	24
T2-S2	5
T2-S3	5
T3-S1	3
T3-S2	5
T3-S3	3
<b>Total</b>	<b>11281</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.11 Transito Promedio Diario Semanal Tramo El Delirio - San Miguel

<b>Transito Promedio Diario Semanal tramo El Delirio - San Miguel</b>	
<b>VEHICULO</b>	<b>TPDS</b>
Bicicleta	101
Motocicleta	1319
Automóvil	4552
Pick Up	2535
Microbús	291
Bus	220
C2	466
C3	20
C2-S1	3
C4	14
T2-S1	4
T2-S2	8
T2-S3	3
T3-S1	1
T3-S2	20
T3-S3	5
<b>Total</b>	<b>9562</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.12 Transito Promedio Diario Semanal Tramo CA-1 La Unión

<b>Transito Promedio Diario Semanal tramo CA-1 La Unión</b>	
<b>VEHICULO</b>	<b>TPDS</b>
Bicicleta	61
Motocicleta	1134
Automóvil	4244
Pick Up	2324
Microbús	355
Bus	355
C2	682
C3	52
C2-S1	25
C4	5
T2-S1	0
T2-S2	6
T2-S3	3
T3-S1	1
T3-S2	16
T3-S3	20
<b>Total</b>	<b>9283</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.9.7 *Transito Mensual (TM)*

Partiendo de las tablas 3.9, 3.10 y 3.11 se calcula el tránsito mensual de la siguiente manera:

$$\mathbf{TM = total\ semanal * 4\ semanas}$$

*Ecuación 3.3 - Transito Mensual*

Tramo CA-1 San Miguel

- Bicicletas

$$TM = 684 \text{ bicicletas} * 4 \text{ semanas}$$

$$TM = 2736 \text{ bicicletas al mes}$$

Obtenido este valor se procede a multiplicarlo por el factor de expansión de cada mes, de la siguiente manera:

Tramo CA-1 San Miguel

- Bicicletas

TM= 2736 bicicletas

### ENERO

Factor de expansión (enero) = 0.9643

TPDM= 2736 bicicletas x 0.9643

TPDM= 2638 bicicletas

Aplicaremos la misma fórmula para cada uno de los meses, acorde a su factor de expansión, a continuación, se representan en la tabla 3.12.

Tabla 3.13 Factor de expansión por mes

Factor de expansión por cada mes											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0.9643	0.9797	0.9812	0.9868	0.9565	1.0210	1.0240	0.9729	1.0856	1.1155	1.0280	0.9171

Fuente: Adaptado del MOP

Tabla 3.14 Cálculo del Transito Mensual Tramo Ca-1 San Miguel

<b>Tránsito Mensual tramo CA-1 San Miguel</b>													
<b>VEHICULO</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Total</b>
<b>Bicicleta</b>	2638	2681	2684	2699	2617	2794	2803	2662	2970	3052	2736	2179	32515
<b>Motocicleta</b>	44161	44866	44935	45192	42240	46756	45229	44555	49717	51085	45796	41999	546531
<b>Automóvil</b>	142651	144929	145150	145979	141497	151038	151512	143923	160594	165018	147932	135668	1775891
<b>Pick Up</b>	70208	71329	71439	71846	69641	74337	74569	70834	79040	81217	72808	66772	874040
<b>Microbús</b>	13578	13794	13815	13494	13467	14375	14420	13698	15285	15706	14080	12912	168624
<b>Bus</b>	10637	10827	10844	10906	10571	11284	11319	10753	11998	12328	11052	10136	132655
<b>C2</b>	15163	15405	15428	15516	15040	16054	16104	15298	17070	17540	16164	14420	189202
<b>C3</b>	1269	1243	1219	1203	1151	1175	1204	1171	1271	1418	1316	1301	14941
<b>C2-S1</b>	3012	3060	3065	3083	2988	3189	3199	3039	3391	3484	3124	2865	37499
<b>C4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>T2-S1</b>	655	666	667	671	650	694	696	661	738	758	680	623	8159
<b>T2-S2</b>	139	136	134	132	126	128	132	128	143	159	144	146	1647
<b>T2-S3</b>	139	136	134	132	126	128	132	128	143	159	144	146	1647
<b>T3-S1</b>	81	79	78	77	74	75	77	75	81	90	84	83	954
<b>T3-S2</b>	139	136	134	132	126	128	132	128	143	159	144	146	1647
<b>T3-S3</b>	81	79	78	77	74	75	77	75	81	90	84	83	954
<b>TOTAL POR MES</b>	<b>304551</b>	<b>309366</b>	<b>309804</b>	<b>311139</b>	<b>300388</b>	<b>322230</b>	<b>321605</b>	<b>307128</b>	<b>342665</b>	<b>352263</b>	<b>316288</b>	<b>289479</b>	<b>3786906</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.15 Cálculo del Transito Mensual El Delirio - San Miguel

<b>Tránsito Mensual tramo El Delirio - San Miguel</b>													
<b>VEHICULO</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Total</b>
<b>Bicicleta</b>	2727	2771	2775	2791	2705	2887	2896	2751	3070	3155	2907	2594	34029
<b>Motocicleta</b>	35625	36194	36249	36456	35337	37720	37838	35943	40106	41211	37978	33881	444538
<b>Automóvil</b>	122917	124880	125072	125785	121923	130145	130553	124014	138379	142191	131037	116901	1533797
<b>Pick Up</b>	68454	69547	69653	70051	67900	72479	72706	69064	77065	79187	72976	65103	854185
<b>Microbús</b>	7849	7975	7987	8033	7786	8311	8337	7919	8837	9080	8368	7465	97947
<b>Bus</b>	5936	6031	6040	6075	5888	6285	6305	5989	6683	6867	6328	5646	74073
<b>C2</b>	12594	12795	12814	12888	12492	13334	13376	12706	14178	14568	13426	11977	157148
<b>C3</b>	548	556	557	561	543	580	582	553	617	634	584	521	6836
<b>C2-S1</b>	69	71	71	71	69	74	74	70	78	80	74	66	867
<b>C4</b>	378	384	385	387	375	400	401	381	426	437	403	360	4717
<b>T2-S1</b>	104	106	106	107	103	110	111	105	117	120	111	99	1299
<b>T2-S2</b>	204	208	208	209	203	216	217	206	230	236	218	194	2549
<b>T2-S3</b>	69	71	71	71	69	74	74	70	78	80	74	66	867
<b>T3-S1</b>	35	35	35	36	34	37	37	35	39	40	37	33	433
<b>T3-S2</b>	548	556	557	561	543	580	582	553	617	634	584	521	6836
<b>T3-S3</b>	135	137	137	138	134	143	143	136	152	156	144	128	1683
<b>TOTAL POR MES</b>	<b>258192</b>	<b>262317</b>	<b>262717</b>	<b>264220</b>	<b>256104</b>	<b>273375</b>	<b>274232</b>	<b>260495</b>	<b>290672</b>	<b>298676</b>	<b>275249</b>	<b>245555</b>	<b>3221804</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.16 Cálculo del Transito Mensual Tramo Ca-1 La Unión

<b>Tránsito Mensual tramo CA-1 La Unión</b>													
<b>VEHICULO</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Total</b>
<b>Bicicleta</b>	1,639	1,665	1,668	1,678	1,626	1,736	1,741	1,654	1,846	1,896	1,748	1,559	20,456
<b>Motocicleta</b>	30,611	31,100	31,147	31,325	30,363	32,411	32,512	30,884	34,461	35,410	32,633	29,112	381,969
<b>Automóvil</b>	114,594	116,424	116,602	117,267	113,667	121,332	121,712	115,616	129,008	132,562	122,163	108,984	1,429,930
<b>Pick Up</b>	62,757	63,759	63,856	64,221	62,249	66,447	66,655	63,316	70,651	72,597	66,902	59,685	783,095
<b>Microbús</b>	9,589	9,742	9,757	9,813	9,511	10,153	10,185	9,675	10,795	11,093	10,222	9,120	119,654
<b>Bus</b>	9,041	9,186	9,200	9,252	8,968	9,573	9,603	9,122	10,179	10,459	9,639	8,599	112,820
<b>C2</b>	18,426	18,720	18,749	18,856	18,277	19,509	19,570	18,590	20,744	21,315	19,643	17,524	229,923
<b>C3</b>	1,400	1,423	1,425	1,433	1,389	1,482	1,487	1,413	1,576	1,620	1,493	1,332	17,472
<b>C2-S1</b>	683	694	695	699	677	723	725	689	769	790	728	649	8,519
<b>C4</b>	135	137	137	138	134	143	143	136	152	156	144	128	1,685
<b>T2-S1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>T2-S2</b>	170	172	173	174	168	180	180	171	191	196	181	161	2,118
<b>T2-S3</b>	69	71	71	71	69	74	74	70	78	80	74	66	866
<b>T3-S1</b>	35	35	35	36	34	37	37	35	39	40	37	33	433
<b>T3-S2</b>	444	451	451	454	440	470	471	448	499	513	473	422	5,535
<b>T3-S3</b>	548	556	557	561	543	580	582	553	617	634	584	521	6,835
<b>TOTAL POR MES</b>	<b>250141</b>	<b>254135</b>	<b>254523</b>	<b>255978</b>	<b>248115</b>	<b>264850</b>	<b>265677</b>	<b>252372</b>	<b>281605</b>	<b>289361</b>	<b>266664</b>	<b>237895</b>	<b>3121310</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.8 Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

A partir de la siguiente ecuación ya se puede conocer el Tránsito Promedio Diario Anual.

$$\text{TPDA} = \text{volumen total del año} / 365 \text{ días}$$

Ecuación 3.4 - Transito Promedio Diario Anual

Tramo CA-1 San Miguel

- Bicicletas

TS = 32515 bicicletas /365 días

TS= 89 bicicletas/ diarias

A continuación, se presentan las tablas con los respectivos datos calculados.

Tabla 3.17 Transito Promedio Diario Anual CA-1 San Miguel

<b>Transito Promedio Diario Anual CA-1 San Miguel</b>	
<b>VEHICULO</b>	<b>TPDA</b>
BICICLETA	89
MOTOCICLETA	1,497
AUTOMOVIL	4,865
PICK UP	2,395
MICROBUS	462
BUS	363
C2	518
C3	41
C2-S1	103
C4	-
T2-S1	22
T2-S2	5
T2-S3	5
T3-S1	3
T3-S2	5
T3-S3	3
<b>TOTAL</b>	<b>10,376</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.18 Transito Promedio Diario Anual El Delirio - San Miguel

<b>Transito Promedio Diario Anual El Delirio - San Miguel</b>	
<b>VEHICULO</b>	<b>TPDA</b>
BICICLETA	93
MOTOCICLETA	1,218
AUTOMOVIL	4,202
PICK UP	2,340
MICROBUS	268
BUS	203
C2	431
C3	19
C2-S1	2
C4	13
T2-S1	4
T2-S2	7
T2-S3	2
T3-S1	1
T3-S2	19
T3-S3	5
<b>TOTAL</b>	<b>8,827</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.19 Transito Promedio Diario Anual Ca-1 La Unión

<b>Transito Promedio Diario Anual CA-1 La Unión</b>	
<b>VEHICULO</b>	<b>TPDA</b>
BICICLETA	56
MOTOCICLETA	1,046
AUTOMOVIL	3,918
PICK UP	2,145
MICROBUS	328
BUS	309
C2	630
C3	48
C2-S1	23
C4	5
T2-S1	0
T2-S2	6
T2-S3	2
T3-S1	1
T3-S2	15
T3-S3	19
<b>TOTAL</b>	<b>8,551</b>

Fuente: Elaboración propia



### 3.9.9 Intensidad Horaria de Cada Arteria

Además de obtener el TPDA, es necesario conocer la demanda en hora punta, para ello se encuentra la máxima en el periodo de 15 minutos, para cada arteria. Al revisar los datos aforados las demandas máximas se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3.20 Volumen en hora punta en el tramo CA-1 San Miguel

<b>Volumen en hora punta en el tramo CA-1 San Miguel</b>																	
<b>HORA</b>	<b>BICICLETA</b>	<b>MOTO</b>	<b>AUTOMOVIL</b>	<b>PICK UP</b>	<b>MICROBUS</b>	<b>BUS</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C2-S1</b>	<b>C</b>	<b>T2-S1</b>	<b>T2-S2</b>	<b>T2-S3</b>	<b>T3-S1</b>	<b>T3-S2</b>	<b>T3-S3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>8:00 - 8:15 AM</b>	0	30	120	66	5	11	18	4	9	0	2	1	0	0	0	0	266
<b>8:15 - 8:30 AM</b>	1	25	117	63	12	13	23	2	8	0	3	0	0	0	0	0	267
<b>8:30 - 8:45 AM</b>	2	34	125	54	9	14	25	3	12	0	2	1	0	0	0	0	281
<b>8:45 - 9:00 AM</b>	1	43	106	69	10	10	14	3	13	0	3	0	0	0	0	0	272
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>132</b>	<b>468</b>	<b>252</b>	<b>36</b>	<b>48</b>	<b>80</b>	<b>12</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1086</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.21 Volumen en hora punta en el tramo El Delirio – San Miguel

<b>Volumen en hora punta en el tramo El Delirio - San Miguel</b>																	
<b>HORA</b>	<b>BICICLETA</b>	<b>MOTO</b>	<b>AUTOMOVIL</b>	<b>PICK UP</b>	<b>MICROBUS</b>	<b>BUS</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C2-S1</b>	<b>C4</b>	<b>T2-S1</b>	<b>T2-S2</b>	<b>T2-S3</b>	<b>T3-S1</b>	<b>T3-S2</b>	<b>T3-S3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1:00 - 1:15 PM</b>	2	36	87	66	5	4	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	211
<b>1:15 - 1:30 PM</b>	3	37	85	78	4	5	12	0	0	2	0	0	0	0	0	0	226
<b>1:30 - 1:45 PM</b>	5	35	91	83	3	3	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	232
<b>1:45 - 2:00 PM</b>	1	37	87	83	8	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>145</b>	<b>350</b>	<b>310</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>41</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>898</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.22 Volumen en hora punta en el tramo CA-1 La Unión

Volumen en hora punta en el tramo CA-1 La Unión																	
HORA	BICICLETA	MOTO	AUTOMOVIL	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TOTAL
7:00 - 7:15 AM	2	35	80	30	6	7	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	173
7:15 - 7:30 AM	0	45	78	35	3	5	15	0	0	0	0	0	0	0	1	1	183
7:30 - 7:45 AM	1	37	72	38	5	9	11	1	0	0	0	0	0	0	1	1	176
7:45 - 8:00 AM	1	53	81	34	3	7	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	192
<b>TOTAL</b>	4	170	311	137	17	28	49	4	0	0	0	0	0	0	2	2	724

Fuente: Elaboración propia

Es apreciable que el volumen máximo se dio en el tramo CA-1 San Miguel en el periodo de las 8:30 a 8:45 am. Para conocer la Intensidad horaria, es necesario encontrar el factor de la hora de máxima demanda, este es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentración de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

$$FHP = VHMD / N \times (q_{max})$$

Ecuación 3.5 - Factor de Hora Pico

Donde:

FHP: Factor de Hora Pico

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda

N: Numero de periodos durante la hora máxima

qmax: flujo máximo durante el periodo dado

Como se mencionó anteriormente, el periodo utilizado fue de 15 min, por lo cual el número de periodos en total fueron 4 para cada hora. Se analiza cada arteria, según los datos obtenidos; para el tramo CA-1 San Miguel se tiene:

$$FHP \text{ CA-1 San Miguel} = (266 + 267 + 272 + 281) v / 4 \times (281 \text{ veh})$$

$$FHP \text{ CA-1 San Miguel} = 0.9662$$

Se realiza el mismo procedimiento para las demás arterias y se tiene:

$$FHP \text{ CA-1 San Miguel} = 0.9662$$

$$FHP \text{ CA-1 La Unión} = 0.9427$$

$$FHP \text{ Carretera El Delirio-San Miguel} = 0.9677$$

Para el cálculo de la tasa del cuarto de hora de mayor tráfico total de la calzada, o también llamada intensidad horaria, se utiliza la siguiente ecuación:

$$I = Q / FHP$$

Ecuación 3.6 - Intensidad horaria

Donde:

I: Intensidad horaria, total de la calzada

Q: Volumen horario de trafico de una hora completa, total de la calzada

FHP: Factor de Hora Pico

Una vez definida la ecuación se prosigue al cálculo de las intensidades horarias para cada arteria, a modo de ejemplo se obtiene para el tramo CA-1 San Miguel, el proceso es el siguiente:

$$I \text{ CA-1 San Miguel} = (266 + 267 + 281 + 272) \text{ veh. } / 0.9662$$

$$I \text{ CA-1 San Miguel} = 1124 \text{ v/h}$$

Se realiza el mismo procedimiento para cada tramo y se obtiene el resultado que se muestra a continuación:

$$I \text{ CA-1 San Miguel} = 1124 \text{ v/h}$$

$$I \text{ CA-1 La Unión} = 768 \text{ v/h}$$

$$I \text{ CA-1 Carretera El Delirio-San Miguel} = 928 \text{ v/h}$$

Se realizó el mismo procedimiento para determinar la intensidad, media y baja. Los resultados se presentan en las tablas siguientes:

Tabla 3.23 Volumen en hora media en el tramo CA-1 San Miguel

Volumen en hora de Media Demanda en el tramo CA-1 San Miguel																	
HORA	BICICLETA	MOTO	AUTOMOVIL	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TOTAL
4:00 - 4:15 PM	2	15	78	71	7	6	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	186
4:15 - 4:30 PM	0	20	72	65	9	8	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	180
4:30 - 4:45 PM	1	17	65	73	8	7	8	1	2	0	1	0	0	0	0	0	183
4:45 - 5:00 PM	0	22	86	56	11	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	184
<b>TOTAL</b>	3	74	301	265	35	25	23	1	3	0	2	0	0	1	0	0	733

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.24 Volumen en hora media en el tramo CA-1 La Unión

<b>Volumen en hora de Media Demanda en el tramo CA-1 La Unión</b>																	
<b>HORA</b>	<b>BICICLETA</b>	<b>MOTO</b>	<b>AUTOMOVIL</b>	<b>PICK UP</b>	<b>MICROBUS</b>	<b>BUS</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C2-S1</b>	<b>C4</b>	<b>T2-S1</b>	<b>T2-S2</b>	<b>T2-S3</b>	<b>T3-S1</b>	<b>T3-S2</b>	<b>T3-S3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>5:00 - 5:15 PM</b>	1	15	70	42	8	6	8	0	1	0	0	2	0	0	0	0	153
<b>5:15 - 5:30 PM</b>	0	10	75	49	5	8	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	159
<b>5:30 - 5:45 PM</b>	1	20	67	38	7	7	6	0	4	0	0	1	0	0	0	0	151
<b>5:45 - 6:00 PM</b>	2	15	58	51	4	5	9	0	2	0	0	1	0	0	0	0	147
<b>TOTAL</b>	4	60	270	180	24	26	32	0	10	0	0	4	0	0	0	0	610

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.25 Volumen en hora media en el tramo El Delirio – San Miguel.

<b>Volumen en hora de Media Demanda en el tramo El Delirio - San Miguel</b>																	
<b>HORA</b>	<b>BICICLETA</b>	<b>MOTO</b>	<b>AUTOMOVIL</b>	<b>PICK UP</b>	<b>MICROBUS</b>	<b>BUS</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C2-S1</b>	<b>C4</b>	<b>T2-S1</b>	<b>T2-S2</b>	<b>T2-S3</b>	<b>T3-S1</b>	<b>T3-S2</b>	<b>T3-S3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>5:00 - 5:15 PM</b>	4	17	90	32	8	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	164
<b>5:15 - 5:30 PM</b>	6	15	72	27	10	2	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	141
<b>5:30 - 5:45 PM</b>	5	14	93	35	12	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170
<b>5:45 - 6:00 PM</b>	1	15	75	24	4	4	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	134
<b>TOTAL</b>	16	61	330	118	34	10	37	0	0	0	0	0	0	0	2	1	609

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.26 Volumen en hora de baja demanda en el tramo CA-1 San Miguel

Volumen en hora de Baja Demanda en el tramo CA-1 San Miguel																	
HORA	BICICLETA	MOTO	AUTOMOVIL	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TOTAL
<b>3:00 - 3:15 PM</b>	0	16	45	60	8	4	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	140
<b>3:15 - 3:30 PM</b>	1	20	50	55	5	6	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	146
<b>3:30 - 3:45 PM</b>	0	15	52	58	9	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	146
<b>3:45 - 4:00 PM</b>	0	13	38	47	9	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114
<b>TOTAL</b>	1	64	185	220	31	18	23	3	0	0	0	1	0	0	0	0	546

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.27 Volumen en hora de baja demanda en el tramo CA-1 La Unión

Volumen en hora de Baja Demanda en el tramo CA-1 La Unión																	
HORA	BICICLETA	MOTO	AUTOMOVIL	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TOTAL
<b>11:00 - 11:15 AM</b>	0	10	64	38	7	8	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136
<b>11:15 - 11:30 AM</b>	1	8	70	35	6	5	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	132
<b>11:30 - 11:45 AM</b>	0	11	59	40	8	4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132
<b>11:45 - 12:00 AM</b>	1	9	63	34	7	4	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	128
<b>TOTAL</b>	2	38	256	147	28	21	34	1	0	0	0	1	0	0	0	0	528

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.28 Volumen en hora de baja demanda en el tramo El Delirio – San Miguel

<b>Volumen en hora de Baja Demanda en el tramo El Delirio – San Miguel</b>																	
<b>HORA</b>	<b>BICICLETA</b>	<b>MOTO</b>	<b>AUTOMOVIL</b>	<b>PICK UP</b>	<b>MICROBUS</b>	<b>BUS</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C2-S1</b>	<b>C4</b>	<b>T2-S1</b>	<b>T2-S2</b>	<b>T2-S3</b>	<b>T3-S1</b>	<b>T3-S2</b>	<b>T3-S3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>10:00 - 10:15 AM</b>	2	15	50	40	2	4	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	120
<b>10:15 - 10:30 AM</b>	0	16	58	45	1	2	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	127
<b>10:30 - 10:45 AM</b>	1	14	60	38	0	5	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	124
<b>10:45 - 11:00 AM</b>	0	18	52	27	2	2	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	109
<b>TOTAL</b>	3	63	220	150	5	13	20	2	1	0	1	0	0	0	2	0	480

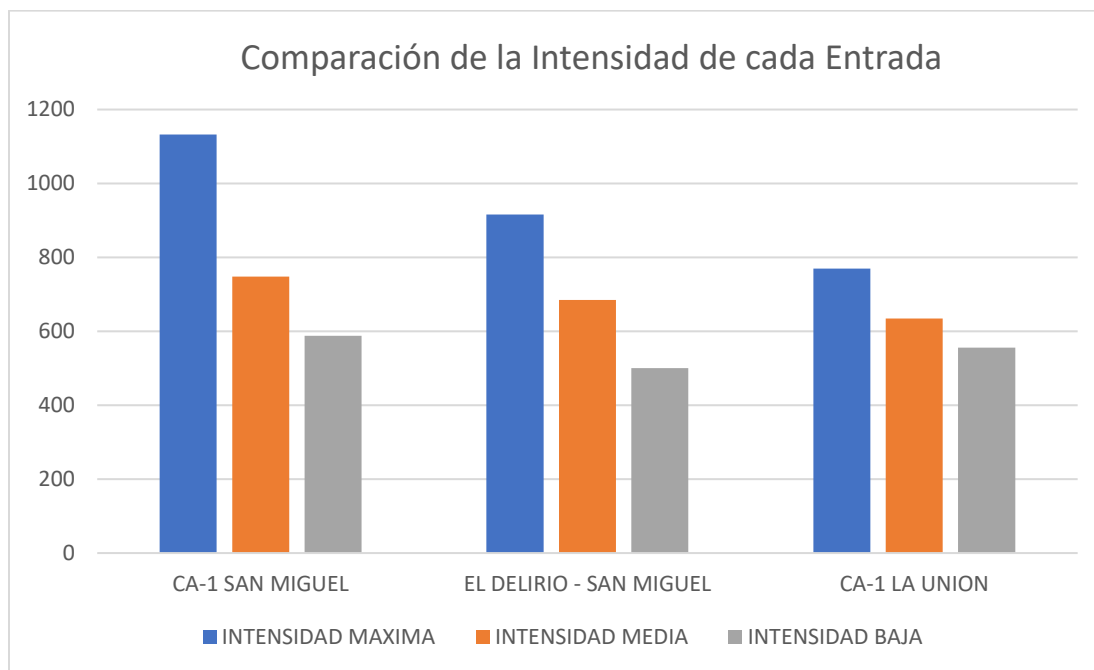
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.29 Intensidad máxima, media y baja

<b>Intensidad Máxima, Media y Baja</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>INTENSIDAD MAXIMA</b>	<b>INTENSIDAD MEDIA</b>	<b>INTENSIDAD BAJA</b>
<b>CA-1 SAN MIGUEL</b>	1124 V/H	748 V/H	588 V/H
<b>EL DELIRIO - SAN MIGUEL</b>	928 V/H	685 V/H	500 V/H
<b>CA-1 LA UNION</b>	768 V/H	635 V/H	556 V/H

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.28 Comparación de la Intensidad de cada Entrada



Fuente: Elaboración propia.

### 3.9.10 Proyección del Tráfico Vehicular

El Manual Centroamericano de Diseño geométrico de Carreteras, edición 2011 en el Capítulo 2, recomienda adoptar un período de proyección de veinte años como base para el diseño.

### 3.9.11 Tasa de Crecimiento Vehicular

Se debe tomar en cuenta que, el volumen de vehículos livianos aumenta significativamente en relación a los vehículos pesados, el Ministerio de Obras Publicas ha adoptado en forma general una tasa de crecimiento a nivel nacional y para todo tipo de vehículo, esta se encuentra contemplada en el estudio más reciente y cercano a la zona, el **Estudio Preparatorio para la Construcción de Carreteras Troncales en El Salvador, By Pass San**



**Miguel, en el capítulo 6.3** de ese documento menciona que la tasa de crecimiento utilizada según el **PLAMADUR** es la del 3.5% para proyecciones futuras. Con base a lo anterior y siendo el estudio más reciente y cercano a la zona la tasa de crecimiento vehicular a utilizar en este proyecto será la del 3.5%.

### **3.9.12 Proyección Vehicular**

Para proseguir con el diseño de la intersección es necesario conocer la demanda vehicular futura que presentaran las calles que conectan a la intersección. Para ello es necesario hacer uso de fórmulas de proyección del tránsito vehicular:

$$Vf = Vo (1 + i)^n$$

Ecuación 3.7 - Volumen proyectado

Donde:

Vf = Volumen proyectado.

Vo = Volumen del año actual igual al TPDA.

i = Tasa de crecimiento

n = Número de años de proyección

Se proyecta el TPDA encontrado hasta el año horizonte, utilizando la tasa de crecimiento planteada anteriormente.

Esto se realiza para cada tipo de vehículo y arteria, para ello se toman las siguientes consideraciones:

- ✓ Año de realización del proyecto: 2019
- ✓ Año de funcionamiento: 2022

✓ Año horizonte: 2039

Procedimiento:

Se proyecta para cada año, en este caso se proyectará del año 2019 al 2020 el TPDA de autos de la ruta CA-1 San Miguel, para ello se necesitan los siguientes datos:

$$V_f = TPDA = ?$$

$$V_o = 89$$

$$i = 3.5\%$$

$$n = 1$$

Procedimiento:

Se proyecta para cada año, en este caso se proyectará del año 2019 al 2020

$$V_f 2020 = V_i (1 + 0.035)^1$$

$$V_f 2020 = 89(1 + 0.035)^1$$

$$V_f 2020 = TPDA_{2020} = 92 \text{ bicicletas.}$$

Lo mismo se realiza para los diferentes tipos de vehículos y para cada arteria, hasta llegar al año horizonte 2039. A continuación, se presentan la proyección de las arterias que convergen a la zona de estudio.

Tabla 3.30 Transito Promedio Diario Anual de la ruta: CA-1 San Miguel proyectado

TPDA CA-1 SAN MIGUEL PROYECTADO																	
PERIODO	BICICLETA	MOTO	AUTOMOVIL	PICKUP	M.BUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TPDA TOTAL
2019	89	1497	4865	2395	462	363	518	41	103	0	22	5	5	3	5	3	10376
2020	92	1549	5035	2479	478	376	536	42	107	0	23	5	5	3	5	3	10739
2021	95	1604	5212	2566	495	389	555	44	110	0	24	5	5	3	5	3	11115
2022	99	1660	5394	2655	512	402	574	45	114	0	24	6	6	3	6	3	11504
2023	102	1718	5583	2748	530	417	594	47	118	0	25	6	6	3	6	3	11907
2024	106	1778	5778	2845	549	431	615	49	122	0	26	6	6	4	6	4	12323
2025	109	1840	5980	2944	568	446	637	50	127	0	27	6	6	4	6	4	12755
2026	113	1905	6190	3047	588	462	659	52	131	0	28	6	6	4	6	4	13201
2027	117	1971	6406	3154	608	478	682	54	136	0	29	7	7	4	7	4	13663
2028	121	2040	6630	3264	630	495	706	56	140	0	30	7	7	4	7	4	14141
2029	126	2112	6863	3378	652	512	731	58	145	0	31	7	7	4	7	4	14636
2030	130	2186	7103	3497	675	530	756	60	150	0	32	7	7	4	7	4	15149
2031	134	2262	7351	3619	698	549	783	62	156	0	33	8	8	5	8	5	15679
2032	139	2341	7609	3746	723	568	810	64	161	0	34	8	8	5	8	5	16228
2033	144	2423	7875	3877	748	588	838	66	167	0	36	8	8	5	8	5	16796
2034	149	2508	8151	4012	774	608	868	69	173	0	37	8	8	5	8	5	17383
2035	154	2596	8436	4153	801	629	898	71	179	0	38	9	9	5	9	5	17992
2036	160	2687	8731	4298	829	651	930	74	185	0	39	9	9	5	9	5	18622
2037	165	2781	9037	4449	858	674	962	76	191	0	41	9	9	6	9	6	19273
2038	171	2878	9353	4604	888	698	996	79	198	0	42	10	10	6	10	6	19948
2039	177	2979	9680	4766	919	722	1031	82	205	0	44	10	10	6	10	6	20646

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.31 Transito Promedio Diario Anual de la ruta: CA-1 La Unión proyectado

TPDA CA-1 LA UNION PROYECTADO																	
PERIODO	BICICLETA	MOT O	AUTOMOV IL	PICK UP	M.BUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2- S1	T2 - S2	T2- S3	T3- S1	T3- S2	T3- S3	TPDA TOTAL
2019	56	1046	3918	2145	328	309	630	48	23	5	0	6	2	1	15	19	8551
2020	58	1083	4055	2220	339	320	652	50	24	5	0	6	2	1	16	20	8850
2021	60	1121	4197	2298	351	331	675	51	25	5	0	6	2	1	16	20	9160
2022	62	1160	4344	2378	364	343	698	53	26	6	0	7	2	1	17	21	9481
2023	64	1200	4496	2461	376	355	723	55	26	6	0	7	2	1	17	22	9812
2024	67	1242	4653	2548	390	367	748	57	27	6	0	7	2	1	18	23	10156
2025	69	1286	4816	2637	403	380	774	59	28	6	0	7	2	1	18	23	10511
2026	71	1331	4985	2729	417	393	802	61	29	6	0	8	3	1	19	24	10879
2027	74	1377	5159	2825	432	407	830	63	30	7	0	8	3	1	20	25	11260
2028	76	1426	5340	2923	447	421	859	65	31	7	0	8	3	1	20	26	11654
2029	79	1475	5527	3026	463	436	889	68	32	7	0	8	3	1	21	27	12062
2030	82	1527	5720	3132	479	451	920	70	34	7	0	9	3	1	22	28	12484
2031	85	1581	5920	3241	496	467	952	73	35	8	0	9	3	2	23	29	12921
2032	88	1636	6128	3355	513	483	985	75	36	8	0	9	3	2	23	30	13373
2033	91	1693	6342	3472	531	500	1020	78	37	8	0	10	3	2	24	31	13841
2034	94	1752	6564	3594	550	518	1055	80	39	8	0	10	3	2	25	32	14326
2035	97	1814	6794	3719	569	536	1092	83	40	9	0	10	3	2	26	33	14827
2036	101	1877	7032	3850	589	555	1131	86	41	9	0	11	4	2	27	34	15346
2037	104	1943	7278	3984	609	574	1170	89	43	9	0	11	4	2	28	35	15883
2038	108	2011	7532	4124	631	594	1211	92	44	10	0	12	4	2	29	37	16439
2039	111	2081	7796	4268	653	615	1254	96	46	10	0	12	4	2	30	38	17015

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.32 Transito Promedio Diario Anual de la ruta: San Miguel-Delirio proyectado

TPDA SAN MIGUEL – EL DELIRIO PROYECTADO																	
PERIODO	BICICLETA	MOTO	AUTOMOVIL	PICK UP	M.BUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TPDA TOTAL
2019	93	1218	4202	2340	268	203	431	19	2	13	4	7	2	1	19	5	8827
2020	96	1261	4349	2422	277	210	446	20	2	13	4	7	2	1	20	5	9136
2021	100	1305	4501	2507	287	217	462	20	2	14	4	7	2	1	20	5	9456
2022	103	1350	4659	2594	297	225	478	21	2	14	4	8	2	1	21	6	9787
2023	107	1398	4822	2685	308	233	495	22	2	15	5	8	2	1	22	6	10129
2024	110	1447	4991	2779	318	241	512	23	2	15	5	8	2	1	23	6	10484
2025	114	1497	5165	2876	329	250	530	23	2	16	5	9	2	1	23	6	10851
2026	118	1550	5346	2977	341	258	548	24	3	17	5	9	3	1	24	6	11230
2027	122	1604	5533	3081	353	267	568	25	3	17	5	9	3	1	25	7	11623
2028	127	1660	5727	3189	365	277	587	26	3	18	5	10	3	1	26	7	12030
2029	131	1718	5927	3301	378	286	608	27	3	18	6	10	3	1	27	7	12451
2030	136	1778	6135	3416	391	296	629	28	3	19	6	10	3	1	28	7	12887
2031	141	1840	6350	3536	405	307	651	29	3	20	6	11	3	2	29	8	13338
2032	145	1905	6572	3660	419	317	674	30	3	20	6	11	3	2	30	8	13805
2033	151	1972	6802	3788	434	329	698	31	3	21	6	11	3	2	31	8	14288
2034	156	2041	7040	3920	449	340	722	32	3	22	7	12	3	2	32	8	14788
2035	161	2112	7286	4058	465	352	747	33	3	23	7	12	3	2	33	9	15306
2036	167	2186	7541	4200	481	364	774	34	4	23	7	13	4	2	34	9	15842
2037	173	2262	7805	4347	498	377	801	35	4	24	7	13	4	2	35	9	16396
2038	179	2342	8078	4499	515	390	829	37	4	25	8	13	4	2	37	10	16970
2039	185	2424	8361	4656	533	404	858	38	4	26	8	14	4	2	38	10	17564

Fuente: Elaboración propia.

### 3.10 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

A partir del levantamiento topográfico realizado y los planos previamente elaborados, se pueden conocer los parámetros geométricos necesarios para el cálculo de la capacidad del Redondel, los cuáles se presentan en el Anexo 3.

Los modelos empíricos<sup>10</sup> desarrollan relaciones entre las características geométricas del redondel y las medidas de su funcionamiento, tales como la capacidad y la demora de circulación. En la tabla 2.1 se presentan los Rangos prácticos de diseño según el Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, sin embargo, en esta sección se va a calcular cada uno de ellos según los datos y medidas con que se cuenta actualmente. Para el cálculo de la capacidad se utilizará el método inglés y la ecuación para el cálculo de la capacidad de glorietas que se basa en las ecuaciones desarrolladas por Kimber en Reino Unido en 1980.

Kimber predice que la relación entre la capacidad de la entrada y el flujo anular es lineal, dependiendo esta relación de la geometría del redondel. Conociendo la geometría y los flujos de los distintos movimientos se puede predecir el corte con el eje X del flujo de entrada, así como la pendiente de la relación entre la capacidad y el flujo anular. Es un resultado muy importante, que evita el tener que entender y definir las complejas e interactivas acciones de los conductores cuando quieren acceder al flujo anular del redondel.

Kimber reagrupa las características geométricas en cuatro categorías según la importancia de los efectos que sus variaciones producen sobre la capacidad de una entrada y define cinco parámetros geométricos que tienen efecto en la capacidad. Éstos son: la anchura de la entrada, la

---

<sup>10</sup> Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante micro simulación de tráfico. Aplicación a la intersección de la CV-500 con la CV-401, en El Saler (T.M. Valencia) (1994, p.49)

anchura del abocinamiento, el diámetro del círculo inscrito, el ángulo de entrada y el radio de la entrada.

La fórmula de Kimber es una expresión lineal que permite calcular la capacidad de una entrada en función de su geometría y del tráfico circulante enfrente de dicha entrada.

Se parte de la hipótesis de que la relación entre el tráfico que circula por el anillo y el entrante es una relación lineal o cuasi lineal del tipo siguiente.

$$Q_e = k \cdot (F - f_c \cdot Q_c), \quad f_c \cdot Q_c \leq F$$

$$Q_e = 0, \quad f_c \cdot Q_c > F$$

Donde:

$Q_e$ : Capacidad de una entrada (veh/ligeros/equivalentes/hora)

$Q_c$ : Intensidad de tráfico anular (veh/ligeros/equivalentes/hora)

$K$ ,  $F$  y  $f_c$ : Parámetros dependientes de las características geométricas de la entrada y del redondel.

### ***3.10.1 Cálculo de la Intensidad del Tráfico Anular***

Para calcular el  $Q_c$  o la Intensidad del Tráfico Anular, simplemente se hace la sumatoria del flujo horario promedio de cada una de las tres entradas, además, a todos los flujos se le aplicará una corrección de equivalencia que se explica en la siguiente tabla:

Tabla 3.33 Corrección del Tránsito Promedio

Tipo de Vehículo	Tránsito Promedio Diario (CA - 1 San Miguel)	Tránsito Promedio Diario (El Delirio - San Miguel)	Tránsito Promedio Diario (CA - 1 La Unión)	Transito Promedio Total por Vehículo	Factor de Corrección	Tránsito Promedio Diario Corregido
<b>Motocicleta</b>	1497	1218	1046	3761	0.5	1881
<b>Automóvil</b>	4865	4202	3918	12985	1	12985
<b>Pick Up</b>	2395	2340	2145	6880	1	6880
<b>Microbús</b>	462	268	328	1058	1	1058
<b>Bus</b>	363	203	309	875	1.5	1313
<b>C2</b>	518	431	630	1579	1.5	2369
<b>C3</b>	41	19	48	108	1.5	162
<b>C2-S1</b>	103	2	23	128	1.5	192
<b>C4</b>	0	13	5	18	1.5	27
<b>T2-S1</b>	22	4	0	26	2	52
<b>T2-S2</b>	5	7	6	18	2	36
<b>T2-S3</b>	5	2	2	9	2	18
<b>T3-S1</b>	3	1	1	5	2	10
<b>T3-S2</b>	5	19	15	39	2	78
<b>T3-S3</b>	3	5	19	27	2	54
<b>Total</b>	<b>10287</b>	<b>8734</b>	<b>8495</b>	<b>27516</b>		<b>27114</b>
<b>Transito Promedio Horario</b>	<b>429</b>	<b>364</b>	<b>354</b>	<b>1147</b>		<b>1130</b>

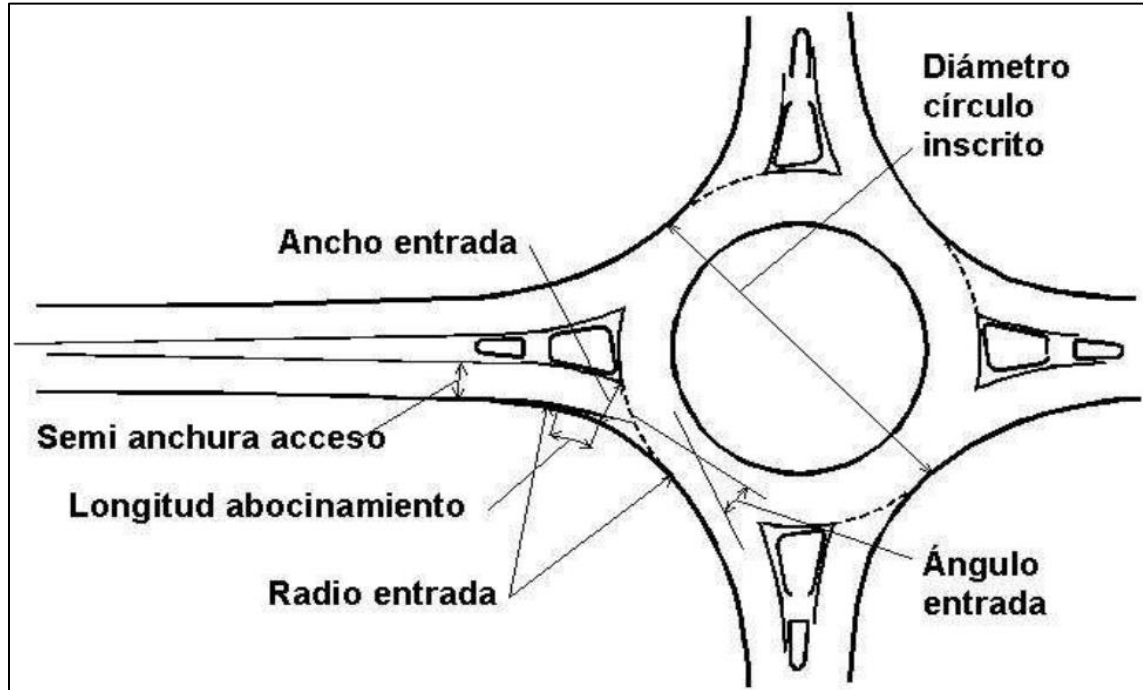
Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizada la corrección se obtiene un  $Q_c = 1130$  vehículos ligeros equivalentes por hora y se puede proceder al cálculo de las variables que dependen de la geometría del redondel.

Es necesario aclarar que en condiciones normales se debería de obtener un valor de  $Q_c$  para cada hora del conteo sin embargo esta es una forma aproximada de obtenerla debido a la limitante de la obtención de los datos necesarios.



Figura 3.29 Variables que dependen de la Geometría



Fuente: Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante micro simulación de tráfico, Mariló Martín Gasulla.

### 3.10.2 Cálculo de las Variables $K$ , $F$ Y $F_c$

Para poder determinar  $K$ ,  $F$  y  $f_c$  se deben utilizar las siguientes formulas:

$$k = 1 - 0.00347 \cdot (\phi - 30) - 0.978 \cdot \left(\frac{1}{r} - 0.05\right) \quad \text{Ecuación 3.8 - Valor de } K$$

$$F = 303 \cdot x_2 \quad \text{Ecuación 3.9 - Valor de } F$$

$$f_c = 0.210 t_d \cdot (1 + 0.2 \cdot x_2) \quad \text{Ecuación 3.10 - Valor de } f_c$$

$$t_d = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{\left(\frac{D-60}{10}\right)}} \quad \text{Ecuación 3.11 - Valor de } T_d$$

$$x_2 = v + \frac{e - v}{1 + 2 \cdot S}$$

Ecuación 3.12 - Valor de  $X_2$

$$S = \frac{1.6 \cdot (e - v)}{l'}$$

Ecuación 3.13 - Valor de  $S$

Donde:

E= Anchura de la entrada (m)

V= Mitad de la anchura de la vía de aproximación (m)

L'= Longitud media efectiva del abocinamiento de entrada (m)

S= Agudeza del abocinamiento (m/m)

D= Diámetro del círculo inscrito (m)

$\Phi$ = Ángulo de entrada (°)

R= Radio de la entrada (m)

A continuación, se muestran los valores geométricos antes descritos del Redondel

Monseñor Oscar Arnulfo Romero:

Tabla 3.34 Valores geométricos de cada una de las arterias

Valores Geométricos			
VARIABLES	CA-1 SAN MIGUEL	EL DELIRIO - SAN MIGUEL	CA-1 LA UNION
V(mt)	3.00	3.60	3.55
E(mt)	3.50	3.80	3.80
L'(mt)	9.60	26.20	30.25
D(mt)	76.40	76.40	76.40
$\Phi$ (°)	20.00	38.04	26.00
R(mt)	100.00	69.70	66.05

Fuente: Elaboración propia.

Luego de obtener los valores geométricos se procede a resolver las ecuaciones de la 3.9 a la 3.13 de la siguiente manera:

- **CA-1 SAN MIGUEL**

$$S = \frac{1.6(E-V)}{L} = \frac{1.6(3.5-3)}{9.6} = 0.083$$

$$X_2 = V + \frac{E-V}{1+2S} = 3 + \frac{3.5-3}{1+2(0.083)} = 3.429$$

$$F = 303X_2 = 303(3.429) = 1049$$

$$t_d = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{\frac{D-60}{10}}} = \frac{0.5}{1 + e^{\frac{76.4-60}{10}}} = 1.081$$

$$f_c = 0.21(t_d)(1+0.2X_2) = 0.21(1.081)[1 + 0.2(3.429)] = 0.38$$

$$K = 1 - 0.000347(\Phi - 30) - 0.978\left(\frac{1}{R} - 0.05\right) = 1 - 0.000347(20 - 30) - 0.978\left(\frac{1}{100} - 0.05\right) = 1.08$$

De la misma manera se calculan los valores para el tramo El Delirio – San Miguel y la arteria CA-1 La Unión, los datos obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 3.35 Valores de K, F y  $f_c$  para todas las arterias

Valores de K, F y $f_c$			
VARIABLES	CA-1 SAN MIGUEL	EL DELIRIO - SAN MIGUEL	CA-1 LA UNION
S	0.0830	0.0122	0.0132
X <sub>2</sub>	3.429	3.795	3.794
F	1049	1150	1150
t <sub>d</sub>	1.081	1.081	1.081
f <sub>c</sub>	0.380	0.399	0.400
K	1.080	1.007	1.048

Fuente: Elaboración propia.

### 3.10.3 Cálculo de la Capacidad de Entrada

Finalmente se procede a al cálculo de la capacidad de cada una de las arterias que convergen en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero.

### 1. CA-1 San Miguel

$$Q_e = K(F - f_c Q_c) = 1.08[1049 - 0.38(1130)]$$

$$Q_e = 670 \text{ veh/hora}$$

### 2. El Delirio – San Miguel

$$Q_e = K(F - f_c Q_c) = 1.01[1150 - 0.399(1130)]$$

$$Q_e = 707 \text{ veh/hora}$$

### 3. CA-1 La Union

$$Q_e = K(F - f_c Q_c) = 1.048[1150 - 0.4(1130)]$$

$$Q_e = 732 \text{ veh/hora}$$

#### *3.10.4 Calculo de la Capacidad Teórica de un Redondel*

Los métodos analíticos<sup>11</sup> estiman la capacidad a través de distintos modelos teóricos de tipo probabilístico, denominados modelos analíticos o basados en la teoría de la aceptación del hueco.

El modelo de aceptación del hueco se describe brevemente como sigue: un conductor de un acceso a una glorieta entrará en el flujo anular si en este flujo hay un hueco mayor que un cierto valor umbral, denominado hueco crítico. Un conductor, ante un hueco tiene que decidir si aceptarlo y entrar en la glorieta o rechazarlo y esperar al siguiente hueco. Este proceso continúa hasta que el conductor acepta un hueco y entra en la glorieta. Para cada caso, el conductor encuentra un beneficio en aceptar o rechazar un hueco dado. El beneficio de aceptarlo resulta de evitarse mayores demoras en la glorieta, mientras que el beneficio de rechazarlo radica en la seguridad de no aceptar un hueco corto y peligroso. Por tanto, el tamaño de este hueco crítico se concibe como un compromiso entre la seguridad para entrar en la glorieta y la mínima espera.

---

<sup>11</sup> Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante micro simulación de tráfico. Aplicación a la intersección de la CV-500 con la CV-401, en El Saler (T.M. Valencia) (1994, p. 78 y 79)

Para determinar la capacidad probable de un redondel en el que sus entradas son de un solo carril y su anillo anular también se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_c = 1130 \frac{v}{h} \times \frac{1h}{3600 s} = 0.3139 v/s$$

*Ecuación 3.14 - Cálculo de la capacidad teórica*

Donde:

$Q_e$  = Capacidad de la entrada en veh/seg

$Q_c$  = Flujo anular en veh/seg

T = Hueco crítico en segundos

$T_0$  = Tiempo complementario en segundos

$\Delta$  = Mínimo hueco en segundos

Los valores de T,  $T_0$  y  $\Delta$  se obtuvieron de múltiples estudios realizados con anterioridad por expertos en la materia y según la teoría Averbach y Taylor concluyeron que T = 2.5seg,  $T_0$  = 2.1seg y  $\Delta$  = 2.2seg para un único carril, por lo tanto, se puede proceder al cálculo.

$$Q_c = 1130 \frac{v}{h} \times \frac{1h}{3600 s} = 0.3139 v/s$$

$$Q_e = \frac{Q_c(1 - \Delta Q_c) e^{[Q_c(T-\Delta)]}}{1 - e^{(-Q_c T_0)}}$$

$$Q_e = \frac{0.3139v/s[1 - (2.2s)(0.3139v/s)] e^{[0.3139v/s(2.5s-2.2s)]}}{1 - e^{[-0.3139v/s(2.1s)]}}$$

$$Q_e = \frac{0.3139v/s (0.3094v) e^{[0.094v]}}{1 - e^{(-0.6591v)}}$$

$$Q_e = 0.2210 v/s$$

Convirtiendo a Vehículos por hora

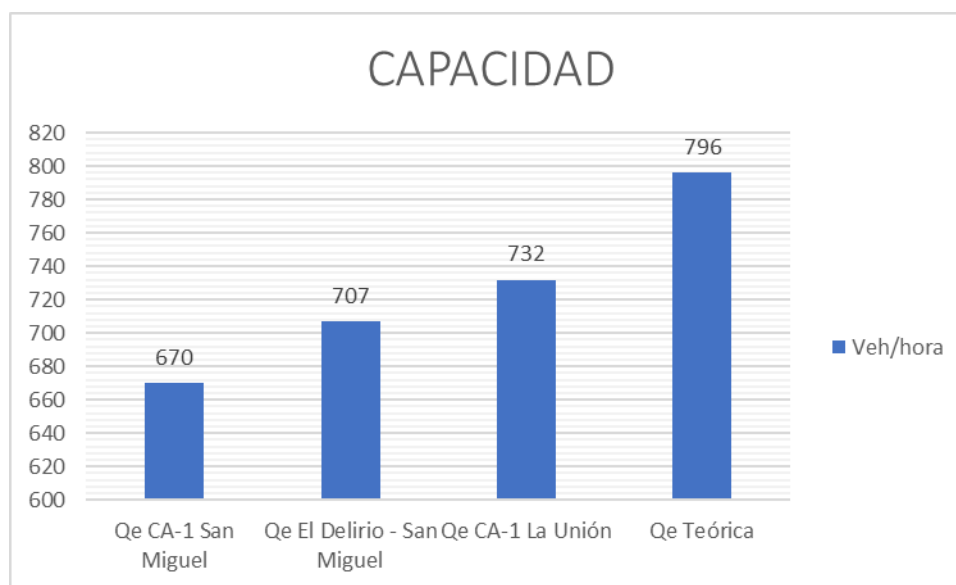
$$Q_e = 2210 \frac{v}{s} \times \frac{3600s}{1h} = 795.6 \frac{v}{h}$$

$$Q_e = 796 v/h$$

### 3.10.5 Comparación de la Capacidad Teórica y la Capacidad Empírica

Para poder representar la comparación de la capacidad teórica y la capacidad empírica se presenta el siguiente gráfico del cual se deduce que los rangos obtenidos se asemejan lo cual nos da un nivel de confianza aceptable.

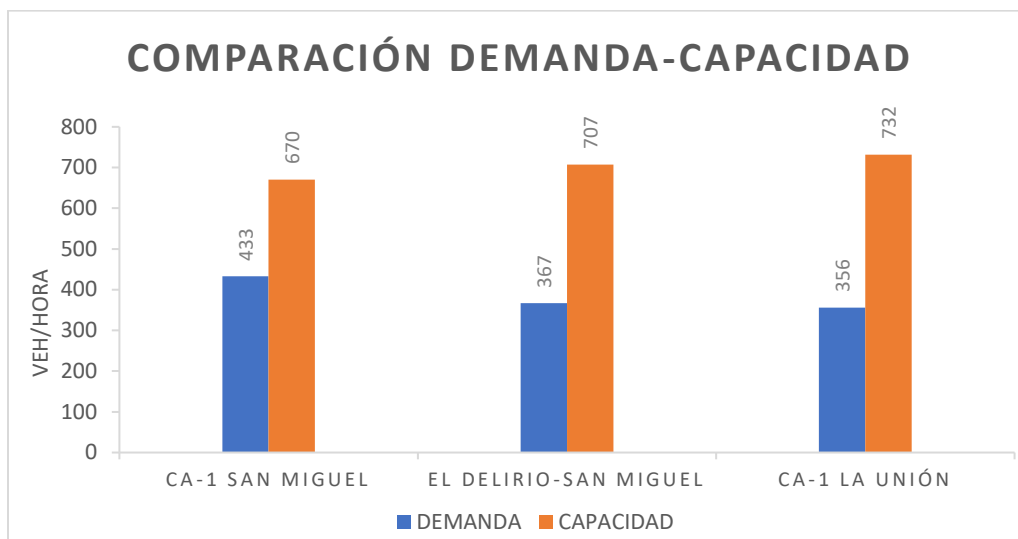
Figura 3.30 Gráfico comparativo de la Capacidad



Fuente: Elaboración propia

Luego de haber obtenido los valores de la capacidad de entrada se deduce que en promedio es de 703 veh/h la cual está por debajo del valor de la capacidad teórica, además, se debe recalcar que estos valores obtenidos representan un funcionamiento óptimo del redondel el cuál al compararlo con la demanda como se presenta en el siguiente grafico se puede constatar que dicha demanda no sobrepasa los niveles críticos de la capacidad.

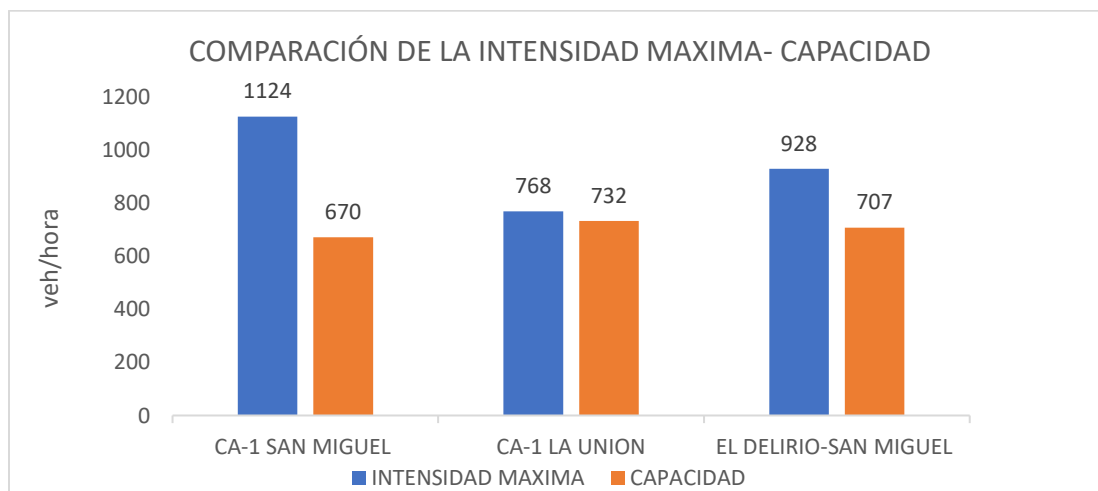
Figura 3.31 Grafico comparativo de la Demanda y la Capacidad.



Fuente: Elaboración Propia.

Sin embargo, al comparar la capacidad con la intensidad de vehículos como se muestra en el siguiente gráfico, se puede conocer que durante las horas pico en la intersección la intensidad sobrepasa la capacidad.

Figura 3.32 Gráfico comparativo de la Capacidad y la Intensidad Máxima.



Fuente: Elaboración Propia.

### 3.11 DIAGNOSTICO DEL TRANSPORTE

La movilidad<sup>12</sup> es una necesidad básica del ser humano porque el desplazamiento de un punto a otro permite al individuo realizar sus tareas cotidianas; por otra parte, el transporte es un bien altamente cualitativo y diferenciado y existen viajes con distintos propósitos y a diferentes horas del día.

La correlación entre la estructura espacial urbana y el transporte se muestra reflejada en la duración y la distancia del viaje, influyen factores como la alta densidad de la población, el valor del suelo, la tenencia de la vivienda, etc.

La población con menor ingreso se asienta en las áreas de bajos valores del suelo, a mayor distancia de los centros laborales, lo cual influye en el incremento de sus costos de viaje. No obstante, el proceso de descentralización del empleo no significa menores tiempos de viaje.

#### *3.11.1 Análisis del Transporte Colectivo*

En países en vías de desarrollo el transporte público tiene una importancia muy grande ya que no menos del 50% de la población hace uso de este servicio y es el que permite que los individuos se desplacen a sus lugares de destino, generalmente de su casa de habitación al trabajo, por tanto, el transporte público influye en las actividades económicas diarias de una ciudad de una manera significativa.

La finalidad de las vialidades es generar accesibilidad y permitir la movilidad de las personas, no obstante, en la mayoría de las ciudades de El Salvador se favorece el transporte en vehículos privados dejando a un lado políticas enfocadas al transporte masivo. En el caso de San

---

<sup>12</sup> Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media mexicana, Saúl Antonio Obregón-Biosca, Eduardo Betanzo-Quezada, (2013, p.25).



Miguel no existen vías exclusivas ni prioritarias para transporte público, por lo tanto, a falta de ordenamiento se incrementa el caos vehicular.

Para realizar un análisis de la influencia de este tipo de transporte en el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero es necesario conocer el nivel de significancia para lo cual se recurre al TPDA, el conteo y el cálculo se realizó para cada una de las entradas, pero en este caso para una comparación se necesita una estimación total.

Tabla 3.36 Suma del TPDA de cada entrada del redondel.

Tipo de Vehículo	Tránsito Promedio Diario (CA - 1 San Miguel)	Tránsito Promedio Diario (El Delirio - San Miguel)	Tránsito Promedio Diario (CA - 1 La Unión)	Transito Promedio Total por Vehículo	% respecto al total de vehículos
Motocicleta	1497	1218	1046	3761	13.67
Automóvil	4865	4202	3918	12985	47.19
Pick Up	2395	2340	2145	6880	25.00
<b>Microbús</b>	<b>462</b>	<b>268</b>	<b>328</b>	<b>1058</b>	<b>3.85</b>
<b>Bus</b>	<b>363</b>	<b>203</b>	<b>309</b>	<b>875</b>	<b>3.18</b>
C2	518	431	630	1579	5.74
C3	41	19	48	108	0.39
C2-S1	103	2	23	128	0.47
C4	0	13	5	18	0.07
T2-S1	22	4	0	26	0.09
T2-S2	5	7	6	18	0.07
T2-S3	5	2	2	9	0.03
T3-S1	3	1	1	5	0.02
T3-S2	5	19	15	39	0.14
T3-S3	3	5	19	27	0.10
Total	<b>10287</b>	<b>8734</b>	<b>8495</b>	<b>27516</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

Generalizando todos los Buses y Microbuses como un tipo de transporte colectivo sin importar que sea público o privado y haciendo comparaciones sencillas con el TPDA se puede concluir que dicho transporte representa el 7.03% de los vehículos que circulan en el redondel diariamente, se hace esta aproximación debido a que no se ha obtenido ni realizado un aforo únicamente del transporte colectivo.

En la Ciudad de San Miguel se cuenta con tres tipos de transporte colectivo: Urbano, interurbano e interdepartamental. A continuación, se muestran las rutas que diariamente transitan en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero.

Tabla 3.37 Unidades que interceptan el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero

<b>UNIDADES QUE INTERCEPTAN EL REDONDEL MONSEÑOR ROMERO</b>				
<b>N°</b>	<b>CODIGO DE RUTA</b>	<b>TIPO DE RUTA</b>	<b>DENOMINACION DE LA RUTA</b>	<b>UNIDADES</b>
1	AB320AOUN	INTERDEPARTAMENTAL	INTIPUCA - SAN MIGUEL Y VEC.	4
2	AB320B0SM	INTERDEPARTAMENTAL	SAN MIGUEL - CHIRILAGUA - EL CUCO Y VIC.	2
3	AB320X0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL - CHIRILAGUA - EL CUCO Y VIC.	10
4	AB324X0UN	INTERDEPARTAMENTAL	LA UNION - SAN MIGUEL Y VIC.	50
5	AB331B1UN	INTERDEPARTAMENTAL	SAN MIGUEL- SAN ALEJO Y VIC.	2
6	AB331COUN	INTERDEPARTAMENTAL	CRIO. LAS HUERTAS - SAN ALEJO - SAN MIGUEL Y VIC.	1
7	AB331X0UN	INTERDEPARTAMENTAL	BOLIVAR - SAN ALEJO - SAN MIGUEL Y VIC.	7
8	AB373X0US	INTERDEPARTAMENTAL	USULUTAN - EL TRANSITO - SAN MIGUEL Y VIC.	35
9	AB377X0US	INTERDEPARTAMENTAL	PTO. TRIUNFO - USULUTAN - SAN MIGUEL Y VIC.	7
10	AB385X0UN	INTERDEPARTAMENTAL	EL TAMARINDO - INTIPUCA - SAN MIGUEL Y VIC.	6
11	AB393A0UN	INTERDEPARTAMENTAL	SAN MIGUEL - BOLIVAR - SANTA ROSA Y VIC.	1
12	AB304X0UN	INTERDEPARTAMENTAL	LA UNION - SAN MIGUEL - SAN SALVADOR Y VIC.	26
13	AB324X0UN	INTERDEPARTAMENTAL	LA UNION - SAN MIGUEL Y VIC.	50
14	AB315X0SM	INTERURBANO	TIERRA BLANCA - SAN MIGUEL Y VIC.	2
15	AB321X0UN	INTERDEPARTAMENTAL	EL COYOLITO - EL PICHE - SAN MIGUEL Y VIC.	2
16	AB325A0SM	INTERDEPARTAMENTAL	SAN MIGUEL-ULUAZAPA-CIRICUARIO-YUCUAIQUIN Y VIC.	4
17	AB325A1UN	INTERDEPARTAMENTAL	CANTÓN EL CARMEN-YUCUAIQUIN-ULUAZAPA-SAN MIGUEL Y VIC.	1
18	AB325X0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL-ULUAZAPA Y VIC.	2
19	AB367A0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL . LA ESTRECHURA-PUERTO VIEJO-LOS PAJARITOS Y VIC.	4
20	AB367A1SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL-EL DELIRIO-LA ESTRECHURA Y VIC.	1
21	AB367B0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL-CANTON LA CEIBA Y VIC.	1
22	AB367C0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL-CHIRILAGUA-LLANO LAS ROSAS Y VIC.	1
23	AB367X0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL-CHILANGUERA Y VIC.	4
24	AB369B0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL-EL TECOMATAL-CANTON EL PROGRESO Y VIC	1
25	AB369C0SM	INTERURBANO	CASERÍO EL CONSUELO-EL HAVILLAL-SAN MIGUEL Y VIC.	1
26	AB369X0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL-EL HAVILLAL-EL TECOMATAL Y VIC.	1
27	AB395A0SM	INTERDEPARTAMENTAL	SAN MIGUEL-ANCHICO-CANTON EL PASTOR-LAS LAJAS Y VIC.	1
28	AB395B0SM	INTERDEPARTAMENTAL	SAN MIGUEL-SAN JERONIMO Y VIC.	2
29	AB395X0SM	INTERDEPARTAMENTAL	SAN MIGUEL-ANCHICO-YAYANTIQUE-CENTENO. Y VIC.	3
30	AB468X0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL-CASERIO LA PELOTA Y VIC	2
31	AB471A0UN	INTERDEPARTAMENTAL	LA QUESADILLA-LOMA LARGA-INTIPUCA-SAN MIGUEL Y VIC	1
32	AB471X0UN	INTERDEPARTAMENTAL	LA QUESADILLA-EL PICHE-LOS CONEJOS-SAN MIGUEL Y VIC.	2
33	AB750X0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL-EL PAPALON-LAS CASITAS-CANTON JUAN YANES Y VIC	1
34	AB753X0SM	INTERURBANO	SAN MIGUEL-CANTON LAS DELICIAS Y VIC.	1
35	AB756X0SM	INTERURBANO	CASERÍO LAS PALANCAS-SAN MIGUEL Y VIC.	1
36	AB384A0SM	INTERDEPARTAMENTAL	SAN MIGUEL-OLOMEGA-EL ZAPOTAL Y VIC.	2
37	AB384X0SM	INTERDEPARTAMENTAL	SAN MIGUEL-OLOMEGA Y VIC.	3
38	AB301A0SM	INTERDEPARTAMENTAL	SAN MIGUEL-USULUTAN-SAN SALVADOR Y VIC.	4
39	AB090B0SM	INTERURBANO	COL. CIUDAD PACIFICA-CENTRO-LA PRADERA-PAPALON Y VIC.	30
40	MB008X0SM	INTERURBANO	COL. CARRILLO-LA PRADERA-CENTRO-COL.SANTA MARIA Y VIC.	21
<b>TOTAL DE UNIDADES</b>				<b>300</b>

Fuente: Viceministerio de Transporte (VMT)

Según datos del VMT existen 40 Rutas de transporte colectivo que interceptan el redondel y un estimado de 300 unidades diferentes que circulan diariamente.

### ***3.11.2 Análisis del Transporte de Carga***

Según el Reglamento general de Tránsito y de Seguridad Vial los vehículos de carga, a la circular, deben observar las siguientes reglas:

1. Ningún vehículo de carga podrá detenerse en la vía pública más del tiempo necesario para cargar y descargar, y durante estas operaciones, deberán permanecer orientados en la dirección del tránsito.
2. Las maniobras de carga y descarga deberán verificarse en tal forma que no se interrumpa el tránsito ni se causen daños en el pavimento de las calles o aceras.
3. En el centro de las zonas urbanas, el transporte de maderas, varillas de metal y otros objetos análogos, así como el de materiales a que se refieren los numerales anteriores, no se hará sino en horas de poco movimiento conforme las indicaciones de la Dirección General de Tránsito y sólo en las vías que ésta misma señale.
4. La operación de carga y descarga de materiales y mercadería en las vías de mucho tránsito, sólo podrá verificarse a las horas que al efecto señale la Dirección General de Tránsito.
5. Los vehículos de carga para pedir cambio de carril, de giro o viraje, tendrán adaptados dispositivos eléctricos para que a una distancia de por lo menos treinta metros de su parte trasera pueda distinguirse la indicación.
6. No se permitirá transportar más de dos pasajeros en los vehículos de carga quienes irán siempre en el interior de la cabina y de acuerdo con la capacidad de ésta.

Sin embargo, el mismo reglamento dicta que en un redondel el vehículo que circula por el mismo tiene prioridad ante cualquier otro que desee incorporarse, pero es de conocimiento común que la facilidad de maniobra del transporte de carga es más limitada en sistemas de redondel o rotonda lo que limita la accesibilidad y la movilidad en el sistema. Por lo tanto, es

necesario analizar si el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero cumple con las dimensiones mínimas para la circulación de este tipo de vehículos para lo cual se recurre al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Sección 5.11.6:

*Para determinar el ancho de giro<sup>13</sup> requerido para vehículos pesados en una rotonda normal, se utilizan dos vehículos tipo, la combinación de tractor con semirremolque identificada como California en los documentos de referencia, de 19.8 metros de largo total, que corresponde a un vehículo WB-18 según la clasificación de la AASHTO16, y el autobús, cuyas dimensiones y requerimientos para giros se muestran en la figura 5.21. Utilizando una isla central con bordillo de barrera y un claro mínimo de 1.0 metros, se pueden determinar del cuadro 5.13 el diámetro del círculo inscrito, f, y el ancho recomendable entre cunetas, g.*

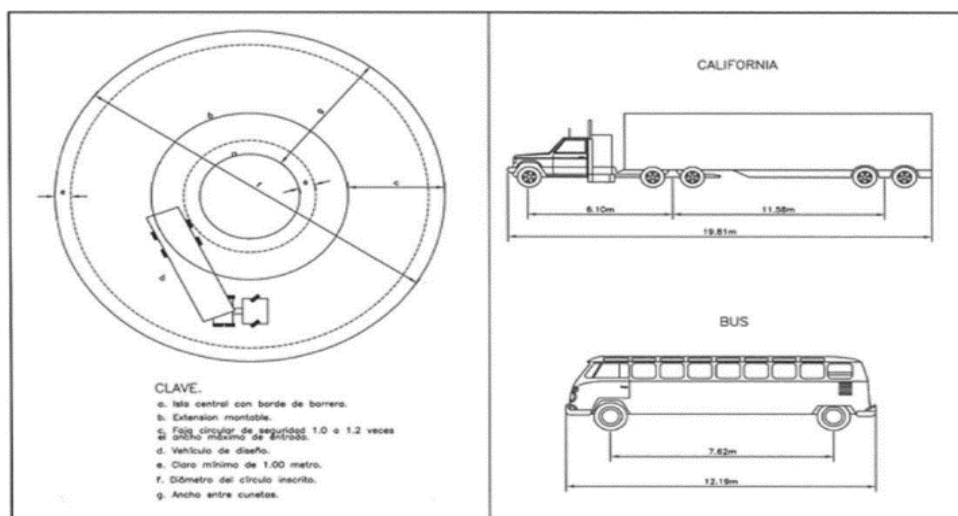
Tabla 3.38 Diámetro del Círculo Inscrito F Requerido para cada Vehículo de Diseño

Diámetro del círculo inscrito	Vehículos de diseño		
	California mínimo	Bus mínimo	Bus mínimo
91.4	6.6	6.6	5.2
85.3			
79.2	6.9	7.0	5.2
73.2			
67.1	7.3	7.6	5.3
61.0			
57.9	7.8	8.1	5.5
54.9			
51.8	8.4	8.7	5.8
48.8			
45.7	9.1	9.6	5.9
42.7			
39.6	10.2	11.1	6.2
36.6			
33.5	12.3	*	6.7
30.5			
29.0	*		7.2

Fuente: Manual Centroamericano de Diseño Geométrico de Carreteras, Sección 5.11.6

<sup>13</sup> Manual Centroamericano de Diseño Geométrico de Carreteras (2011, p.225).

Figura 3.33 Dimensiones y Requerimientos para giros.



Fuente: Elaboración propia.

Luego de verificar que el acceso de los vehículos de carga al redondel es posible se estudia el porcentaje de estos con respecto a los vehículos livianos y el transporte colectivo y se hace una comparación:

Tabla 3.39 Análisis del Transporte Pesado.

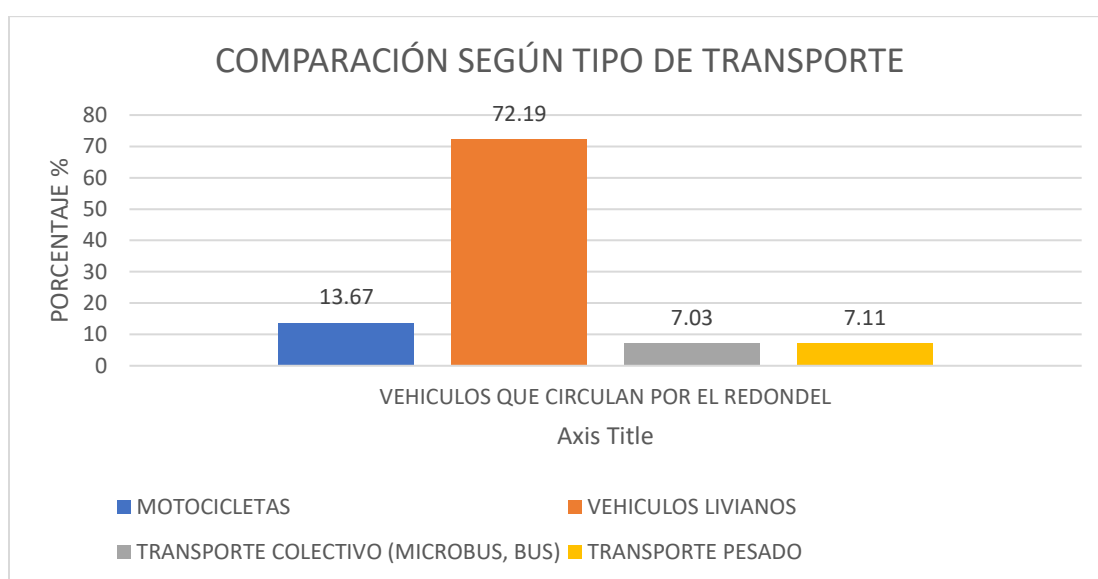
Tipo de Vehículo	Tránsito Promedio Diario (CA - 1 San Miguel)	Tránsito Promedio Diario (El Delirio - San Miguel)	Tránsito Promedio Diario (CA - 1 La Unión)	Tránsito Promedio Total por Vehículo	% respecto al total de vehículos
Motocicleta	1497	1218	1046	3761	13.67
Automóvil	4865	4202	3918	12985	47.19
Pick Up	2395	2340	2145	6880	25.00
Microbús	462	268	328	1058	3.85
Bus	363	203	309	875	3.18
<b>C2</b>	<b>518</b>	<b>431</b>	<b>630</b>	<b>1579</b>	<b>5.74</b>
<b>C3</b>	<b>41</b>	<b>19</b>	<b>48</b>	<b>108</b>	<b>0.39</b>
<b>C2-S1</b>	<b>103</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	<b>128</b>	<b>0.47</b>
<b>C4</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>0.07</b>
<b>T2-S1</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>0.09</b>
<b>T2-S2</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>0.07</b>
<b>T2-S3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>0.03</b>
<b>T3-S1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>0.02</b>
<b>T3-S2</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>39</b>	<b>0.14</b>
<b>T3-S3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>0.10</b>
Total	<b>10287</b>	<b>8734</b>	<b>8495</b>	<b>27516</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla anterior el transporte de carga conforma el 7.11% del total de vehículos que circulan por la intersección equivalente a 1957 veh/día, debido a que el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero es uno de los puntos más importantes de acceso y salida de la ciudad de San Miguel no es raro corroborar que los vehículos de carga son un grupo significativo, por lo cual para futuras ampliaciones o propuestas de rediseño se tiene que tener en cuenta.

Finalmente se presenta el siguiente gráfico que compara el parque vehicular según tipo:

Figura 3.34 Comparación según el tipo de Transporte



Fuente: Elaboración propia

### 3.11.3 Análisis del Parque Vehicular de las Zonas Aledañas

Para realizar un análisis de la zona de influencia cercana es necesario delimitar el área, se ha determinado tomar en cuenta en el estudio todas las colonias aledañas al Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero como se muestra en el Anexo 5.

Según el Plan Maestro de Desarrollo Urbano, San Miguel (PLAMADUR); por cada 5 habitantes hay un vehículo y el promedio de habitantes por lotes en la zona urbana es de 4

personas, para realizar el cálculo de vehículos aproximados de la zona de influencia se procede al conteo de lotes.

Factor vehículo:  $1/5 = 0.2$  vehículos /persona

Promedio de habitantes por lote: 4

Jardines del rio

# De lotes: 586 ver anexo

# de habitantes = # de lotes X promedio de habitantes por lote

# de habitantes = 586 lotes X 4

# de habitantes = 2,344 habitantes

# de vehículos = factor vehículo X # de habitantes

# de vehículos =  $0.2 \times 2,344$  habitantes

# de vehículos = 469 vehículos

Se realizo el mismo procedimiento para las diferentes colonias del área de influencia de la intersección. Los resultados se ven reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 3.40 Número de Vehículos aproximados en la zona de influencia.

<b>Número de vehículos por zona de Influencia</b>			
<b>Zona</b>	<b># de Lotes</b>	<b># de habitantes</b>	<b># de vehículos</b>
Colonia Jardines del río	586	2344	469
Residencial María Julia	324	1296	259
Urbanización California	611	2444	489
Urbanización Jerusalén	495	1980	396
Urbanización Palo Blanco	556	2224	445
Colonia Santa Lucía	83	332	66
Colonia Carrillo	895	3580	716
Residencial La Pradera	2569	10276	2055
Lotificación La Pradera	89	356	71
Residencial Universitaria	366	1464	293
<b>Total</b>	<b>6574</b>	<b>26296</b>	<b>5259</b>

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se concluye que el lote vehicular de La Colonias aledañas al Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero es de aproximadamente 5,259.

Para conocer el número de veces que los vehículos pasan por la intersección se procedió a realizar una encuesta en línea calculando una muestra representativa de la población según Hernández Lerma, Onésimo en Elementos de probabilidad y estadística.

Para una población finita:

$$n : \frac{NZ^2qp}{(N-1)E^2 + Z^2pq}$$

*Ecuación 3.15 - Cálculo de la muestra*

Donde:

N: Población

Z: Confianza (Debido a las condiciones y limitantes es del 93%)

p: probabilidad que el evento ocurra (es del 50%)

q: probabilidad que el evento no ocurra (es del 50%)

E: error (es el complemento de la confianza es decir 7%)

Tabla 3.41 Niveles de Confianza

Niveles de Confianza para diferentes valores de Z										
Niveles de Confianza	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
Valor de Z	1.64	1.7	1.74	1.81	1.88	1.96	2.05	2.17	2.33	2.58

Fuente: Hernández Lerma, Onésimo. Elementos de probabilidad y estadística, México, Fondo de cultura Económica, 1979, 355 p

Donde:

N: 5259 vehículos

Z: 1.81



p: 0.5

q: 0.5

E: 0.07

$$n : \frac{NZ^2qp}{(N-1)E^2 + Z^2pq}$$

$$n : \frac{(5259 \text{ vehiculos})(1.81)^2(0.5)(0.5)}{(5259-1)(0.07)^2 + (1.81)^2(0.5)(0.5)}$$

$n : 162.02 = 163 \text{ vehiculos}$

Se obtuvo una **muestra de 163 vehículos**, la cual se convierte en una condición para las personas que accedan a responder la encuesta, es decir, se tomarán en cuenta las respuestas de 163 habitantes de la zona de influencia que posean un vehículo.

La encuesta consta de 7 preguntas cerradas y 1 pregunta abierta como se detalla:

1. Sexo
2. Edad
3. Zona de Residencia
4. Tipo de Vehículo que posee
5. En condiciones normales, obviando las medidas restrictivas por la pandemia, ¿Cuál es el número de viajes (Ida y regreso) que realiza al día?
6. Dentro del número de viajes que realiza, ¿Cuántas veces en promedio circula por el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero?
7. ¿Cuál ha sido el mayor tiempo de espera para poder incorporarse al Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero?
8. Si pudiera mejorar el congestionamiento vehicular en el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, ¿Cuál sería su propuesta?

Figura 3.35 Encuesta realizada en línea (a)

**Universidad de El Salvador.**  
**Estudio de tráfico vehicular de las zonas de influencia del Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero de la ciudad de San Miguel.**

Esta encuesta se enfoca en analizar el tráfico vehicular en el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero mejor conocido como redondel Los Leones; para lo cual se le solicita marcar la opción que se acerque más a su situación.

**START SURVEY NOW**

Terms of Conditions | Privacy Policy | © 2020 Survio

**1. Sexo\***  
 Seleccione una respuesta.

HOMBRE

MUJER

**2. Edad\***  
 Seleccione una respuesta.

De 18 a 25 años

De 26 a 35 años

De 36 a 45 años

De 46 a 60 años

Más de 60 años

**3. Zona de Residencia\***  
 Seleccione una respuesta

Residencial La Pradera

Residencial La Camillo

Residencial María Julia

Colonia Jardines del Río

Colonia 18 de Mayo

Urbanización California

Urbanización Jerusalem

Urbanización Palo Blanco

Urbanización Santa Lucía

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.36 Encuesta realizada en line (b)

**4. Tipo de vehículo que posee\***  
Seleccione una respuesta

- Motocicleta
- Automóvil
- Pick Up
- Microbus
- Camión

**5. En condiciones normales obviando las medidas restrictivas por la pandemia ¿Cuál es el número de viajes (Ida y regreso) que realiza al día?\***  
Seleccione una respuesta

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- Más de 5

**6. Dentro del número de viajes que realiza ¿Cuántas veces en promedio circula por el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero?\***  
Seleccione una respuesta

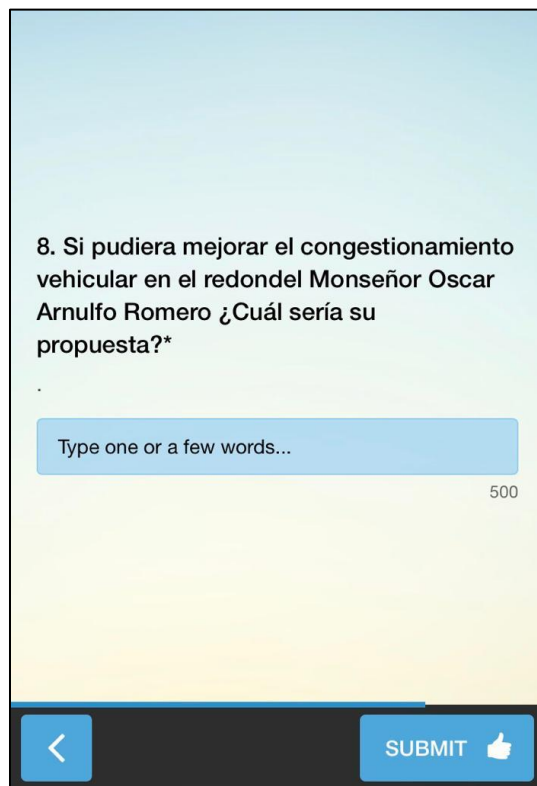
- Nunca
- Una vez
- Dos veces
- Tres veces
- Cuatro veces
- Cinco veces o más

**7. ¿Cuál ha sido el mayor tiempo de espera para poder incorporarse al Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero?\***  
Seleccione una respuesta

- Ninguno
- Menos de 15 minutos
- De 15 a 30 minutos
- De 30 a 45 minutos
- De 45 a 60 minutos
- Más de 1 hora

Fuente: Elaboración propia.

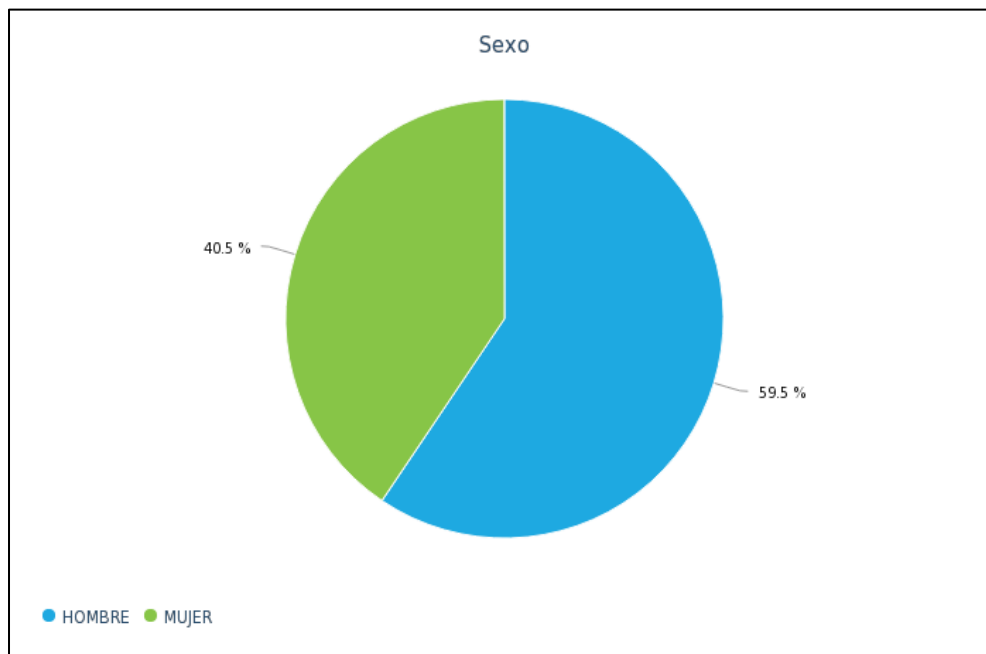
Figura 3.37 Encuesta realizada en línea (c)

A screenshot of a mobile survey interface. The question is: "8. Si pudiera mejorar el congestionamiento vehicular en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero ¿Cuál sería su propuesta?\*" Below the question is a text input field with the placeholder text "Type one or a few words...". To the right of the input field is a character count "500". At the bottom of the screen, there is a navigation bar with a back arrow on the left and a "SUBMIT" button with a thumbs-up icon on the right.

Fuente: Elaboración propia.

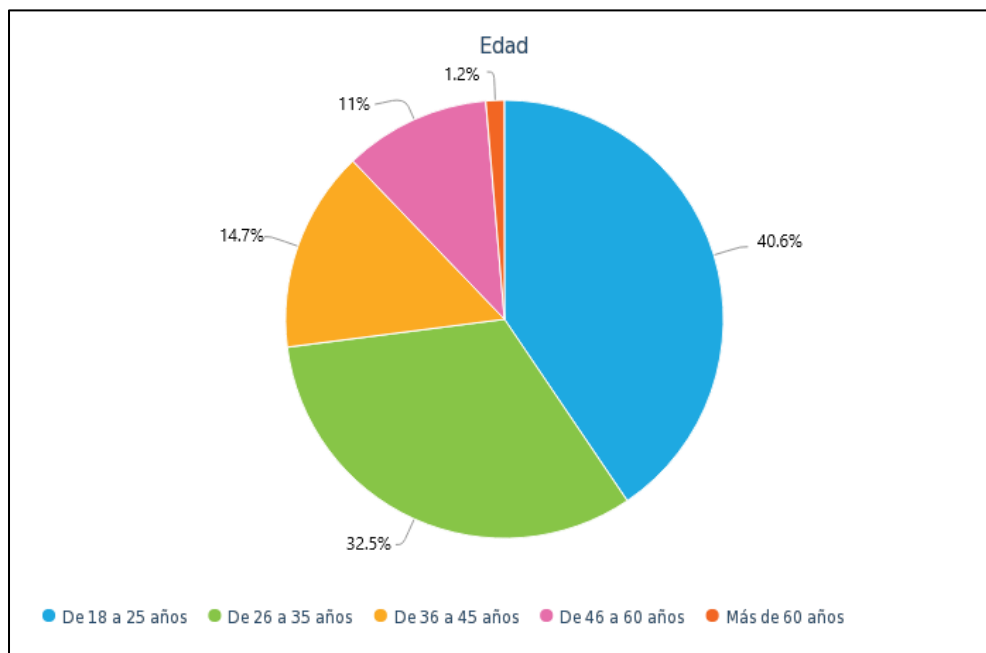
La encuesta se realizó en el sitio web [www.surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com) de forma gratuita, se envió el link vía WhatsApp, Correo Electrónico y otras plataformas digitales a personas de la zona de estudio pidiendo que realizaran la encuesta solo aquellos que poseen vehículo. Finalmente se obtuvieron las respuestas de 163 personas, esta plataforma recopila la información y la procesa presentando gráficos de porcentajes los cuales son ideales para la interpretación de los resultados. A continuación, se muestran los gráficos obtenidos de la plataforma.

Figura 3.38 Porcentaje de Hombres y Mujeres que realizaron la encuesta.



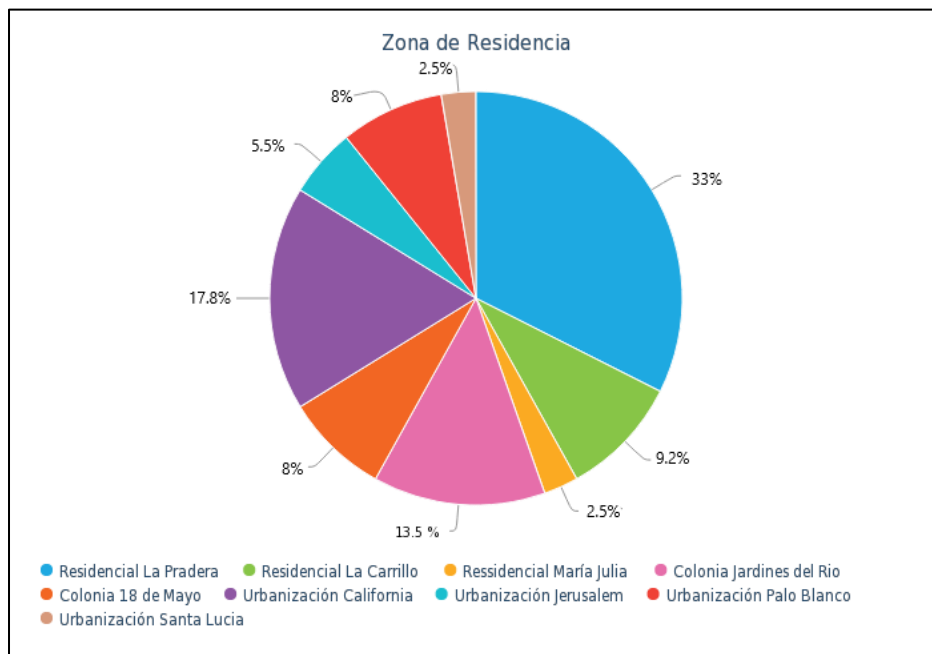
Fuente: Plataforma SURVIO

Figura 3.39 Edades de las personas que respondieron la encuesta



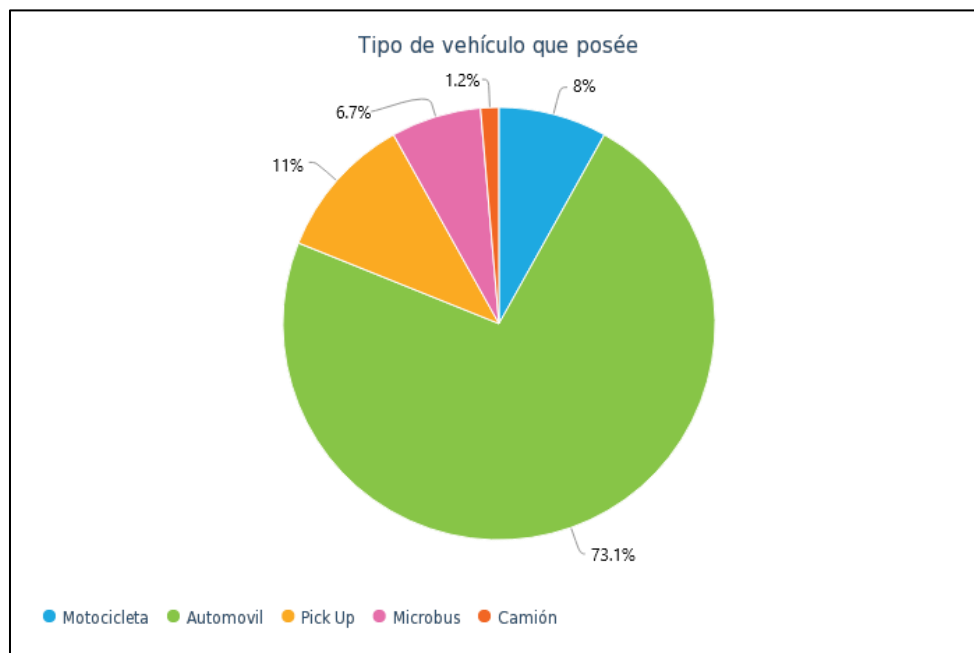
Fuente: Plataforma SURVIO.

Figura 3.40 Zona de Residencia de los encuestados



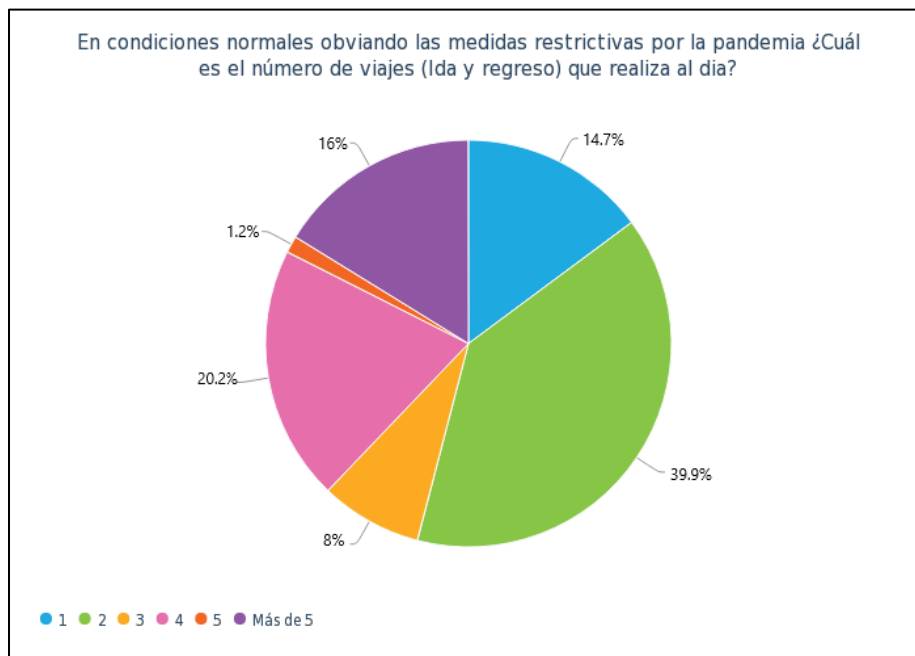
Fuente: Plataforma SURVIO

Figura 3.41 Tipo de vehículo que poseen los encuestados



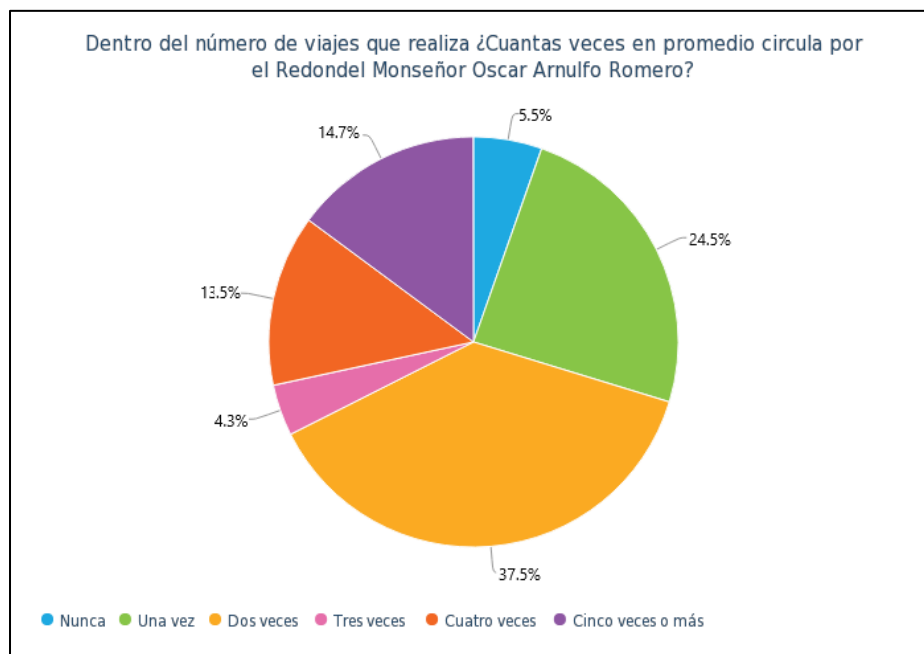
Fuente: Plataforma SURVIO

Figura 3.42 Numero de viajes que realizan al día las personas encuestadas



Fuente: Plataforma SURVIO

Figura 3.43 Veces que circulan por el redondel en promedio las personas encuestadas



Fuente: Plataforma SURVIO

Para calcular el promedio de veces de circulación por el redondel se sigue el procedimiento:

Tabla 3.42 Total de veces de circulación por la intersección

<b>Número de veces que circulan por el redondel los habitantes del área de influencia</b>				
<b>Número de veces que circula por la intersección</b>	<b>Porcentaje de repetición (%)</b>	<b># de personas encuestadas</b>	<b># de personas por opción (%x#)</b>	<b>Total de veces de Circulación</b>
<b>0</b>	5.5	163	9	0
<b>1</b>	24.5	163	40	40
<b>2</b>	37.5	163	61	122
<b>3</b>	4.3	163	7	21
<b>4</b>	13.5	163	22	88
<b>5</b>	14.7	163	24	120
<b>6</b>	0	163	0	0
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>163</b>	<b>391</b>

Fuente: Elaboración propia

$$\# \text{ promedio de veces que circula} = \frac{\text{Total de veces de circulación}}{\text{Número de encuestados}}$$

$$\# \text{ promedio de veces que circula} = \frac{391}{163}$$

$$\# \text{ promedio de veces que circula} = 2.4 \text{ veces al día}$$

De lo anterior se puede deducir que las personas que habitan en la zona de influencia circulan por el redondel 2.4 veces en promedio al día y con este dato al multiplicarlo con el número de vehículos de la zona de influencia se puede hacer un cálculo del número de circulaciones totales en un día.

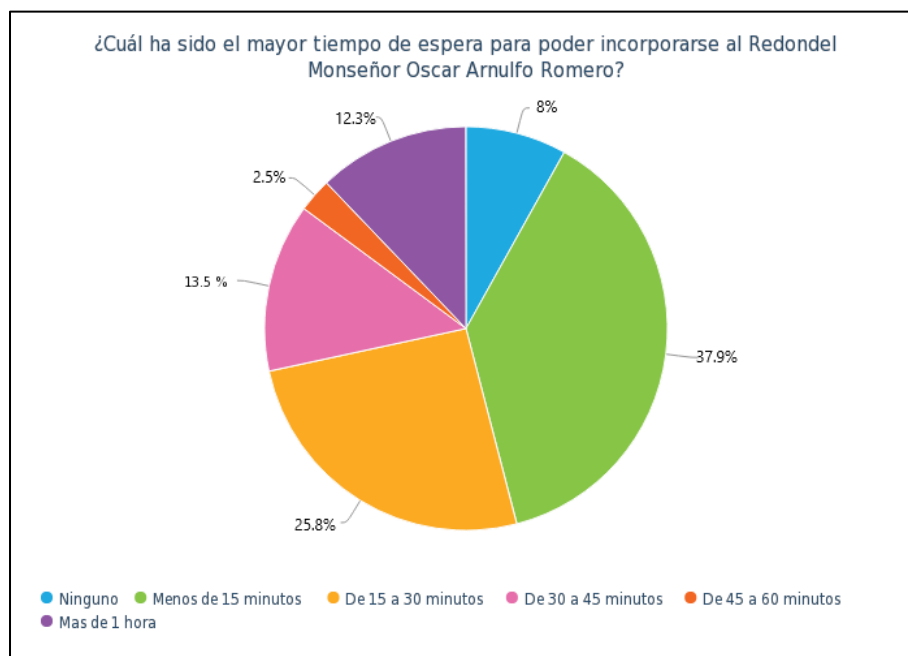
$$\# \text{ de veces de circulación total} = \# \text{ promedio} \times \# \text{ de vehículos}$$

$$\# \text{ de veces de circulación total} = 2.4 \times 5259$$

$$\# \text{ de veces de circulación total} = 12622$$



Figura 3.44 Tiempo de espera para poder incorporarse al Redondel



Fuente: Plataforma SURVIO

La pregunta número 8 es una pregunta abierta la cual ha servido para conocer la opinión de los usuarios del Redondel por lo tanto no se puede graficar como las anteriores.

A partir de los datos recopilados y graficados anteriormente se elaboran las siguientes conclusiones:

1. La encuesta fue respondida por un 59.5% de hombres y un 40.5 de mujeres.
2. El 73.10% de las personas que respondieron la encuesta están entre los 18 y los 35 años.
3. El 33% de las personas que respondieron la encuesta habitan en la Residencial La Pradera siendo la mayoría.
4. La mayor parte de las personas que respondieron la encuesta conducen un Automóvil de dimensiones estándar (Sedan, Camioneta, etc.) con un 73.1%.

5. Las personas habitan el área de influencia realizan un promedio de 3 viajes al día.
6. **Las personas que viven en las zonas aledañas al Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero circulan en promedio 2.4 veces al día por la intersección, si se sabe que el número de vehículos aproximado de la zona de influencia es de 5259, entonces se puede deducir que el número de veces totales que se circula por la intersección es de 12,622 y al comparar este dato con el TPDA se obtiene que es una influencia del 45%**
7. El 63.7 % de los encuestados hacen esperas hasta de media hora para poder circular por la intersección y un 12.3% hacen esperas de más de una hora en colas para incorporarse.
8. Entre las opiniones más frecuentes de los encuestados, para la mejora del tráfico están la construcción de un By Pass, la habilitación de vías alternas y la construcción de un carril directo de La Unión a San Miguel, también se mencionaron otras como la habilitación de gestores de tráfico y de semáforos.

### 3.12 NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN

La calidad del servicio requiere medidas cuantitativas para caracterizar las condiciones operativas dentro de un flujo de tráfico. El nivel de servicio (LOS) es una medida de calidad que describe las condiciones operativas dentro de una corriente de tráfico, generalmente en términos de medidas de servicio como velocidad y tiempo de viaje, libertad de maniobra, interrupciones del tráfico y comodidad y conveniencia.

Los redondeles asumen un comportamiento independiente para cada vía. La metodología no se aplica a volúmenes de circulación mayores a 1200 veh/h. Buenas estimaciones de capacidad han sido encontradas para un redondel de un carril simple, si los flujos de circulación son asumidos como aleatorios.

A continuación, se presentan algunas estimaciones a tomar en cuenta en los redondeles.

- Los vehículos que entran a un redondel deben ceder el paso a los vehículos que están circulando dentro del redondel (glorieta).
- Los vehículos que circulan en el redondel no están sujetos a restricciones de ceder el paso. Sólo se acepta un número máximo de vehículos, que no sobrepasen la capacidad. La prioridad es alternada y distribuida por todos los vehículos.
- No está permitido estacionarse en el carril del redondel, ni está permitido que los peatones realicen actividades en la isla central del mismo.
- Todos los vehículos circulan en sentido contrario a las agujas de reloj y pasan por la derecha de la isla central.

Las vías de acceso a los redondeles deben tener isletas (camellones), ya que son mecanismos seguros, tanto para separar el movimiento de tráfico en direcciones opuestas como para proveer refugio a los peatones (estos también son provistos de áreas que ceden el paso).

Para el análisis no se considera el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero como una intersección general. Por lo cual el cálculo se realizará de manera individual en sus 3 intersecciones, considerándolas como intersecciones tipo T.

### 3.12.1 Datos Generales para Determinar Nivel de Servicio

- Volumen de tránsito en la hora pico (v, en vehículos por hora).

Tabla 3.43 Transito en hora Punta

Arteria y hora	Bicicleta	Moto	Auto	Pick up	Microbús	Bus	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3	TOTAL
CA-1 San Miguel 8:30-8:45 am	2	34	125	54	9	14	25	3	12	0	2	1	0	0	0	281
CA-1 La Unión 7:45-8:00 am	1	53	81	34	3	7	11	2	0	0	0	0	0	0	0	192
Carretera El Delirio-San Miguel 1:45-2:00 pm	1	37	87	83	8	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	229

Fuente: Elaboración propia.

- Factor de hora pico (FHP)
- Composición del tránsito (porcentaje de vehículos livianos, autobuses, camiones y vehículos recreativos).

Dependiendo del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en debida cuenta que los vehículos pesados como: camiones, autobuses y vehículos recreativos tipo campers, pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular, influenciando según su relevancia porcentual, en forma más o menos determinante, el diseño geométrico de las carreteras.

El efecto de un camión sobre las operaciones del tránsito es a menudo equivalente al de varios automóviles, siendo mayor la relación a medida que son mayores las pendientes y menores las distancias de visibilidad disponibles. En la categoría de vehículos pesados se sitúan los camiones con peso bruto total de 4 toneladas métricas o más y los vehículos que presentan llantas dobles en el eje trasero.

Los vehículos pesados serán la sumatoria de la clasificación C2, C3, C2-S1, C4, T2-S1, T2-S2, T2-S3, T3-S2 y T3-S3 y los buses serán la sumatoria de estos más los microbuses ya que las rutas de microbuses se contaron en esta clasificación, estos datos los sacaremos de la tabla anterior y haciendo la sumatoria respectiva.

- Tipo de terreno, conocido por observación o resultados del estudio preliminar. Para este caso el tipo de terreno es plano y no tiene restricciones de paso porque se trata de un sólo carril así que se considera como 0%
- Ancho de carriles (metros). Dimensiones de arterias.

Tabla 3.44 Ancho de cada arteria

<b>Arteria</b>	<b>Ancho</b>
<b>CA-1 San Miguel</b>	3.45
<b>CA-1 La Unión</b>	3.8
<b>Carretera El Delirio-San Miguel</b>	3.6

Fuente: Elaboración propia.

- Velocidad de diseño (kilómetros por hora)

La velocidad de diseño se toma como lo indica el HCM la velocidad de diseño para arterias urbanas es de 40km/m.

### 3.12.2 Cálculo del Flujo de Servicio ( $S_{fi}$ ) de las Arterias

$$S_{fi} = 2800 \times (v/c) (fd)(fhv)$$

Ecuación 3.16 - Cálculo del flujo de servicio.

Dónde:

$S_{fi}$  = Volumen de servicio para el nivel de servicio seleccionado.

2800 = Flujo de tránsito ideal en ambos sentidos, en vehículos por hora.

$v/c$  = Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio.

$fd$  = Factor de distribución direccional del tránsito.

$fhv$  = Factor de vehículos pesados.

#### 1. Calcular el factor de vehículos pesados, $fhv$ , para cada nivel de servicio, de la siguiente

**formula:**

$$Fhv = \frac{1}{1 + PT (ET - 1) + PB (EB - 1) + PR (ER - 1)}$$

Ecuación 3.17 - Cálculo del factor de vehículos pesados

Para calcular el porcentaje de vehículos pesados se utiliza una regla de tres:

- CA-1 San Miguel

% de vehículos pesados

$$\frac{281 \text{ veh}}{43 \text{ veh}} = \frac{100 \%}{\%}$$

$$\% = \frac{(43 \text{ veh}) 100 \%}{281 \text{ veh}}$$

$$\% = 15.30 \%$$

Se sigue el mismo procedimiento para el cálculo de % de buses y para cada arteria, el resultado se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3.45 Porcentaje de Vehículos Pesados y de Buses

<b>Arteria</b>	<b>Vol. Total</b>	<b>Vol. De pesados</b>	<b>Vol. De buses</b>	<b>% de pesados</b>	<b>% buses</b>
<b>CA-1 San Miguel</b>	281	43	23	15.3	8.18
<b>CA-1 La Unión</b>	192	13	10	6.77	5.2
<b>Carretera El Delirio-San Miguel</b>	229	8	13	3.49	5.68

Fuente: Elaboración propia.

Las equivalencias en automóviles para Camiones Pesados (ET), para autobuses (EB) y vehículos recreacionales (ER), afectadas por el alineamiento horizontal, son tomadas de las tablas del Manual de Capacidades. Los factores PT, PB y PR corresponden a la fracción decimal de la proporción de camiones, autobuses y vehículos recreacionales en el volumen de tránsito total, dichos factores se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.46 Factor de vehículos pesados para tipos de terreno

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>NS</b>	<b>Tipo de terreno</b>		
		<b>Plano</b>	<b>Ondulado</b>	<b>Montañoso</b>
<b>Camiones, Et</b>	A	2.0	4.0	7.0
	B-C	2.2	5.0	10.0
	D-E	2.0	5.0	12.0
<b>Buses, Eb</b>	A	1.8	3.0	5.7
	B-C	2.0	3.4	6.0
	D-E	1.6	2.9	6.5

Fuente: Highway Capacity Manual 2000

A continuación, se procede a calcular el factor de vehículos pesados para cada arteria utilizando los diversos niveles de servicio conocidos, como base se utilizan los datos de arteria CA-1 San Miguel.

- Se encuentran los porcentajes de los vehículos pesados.

Porcentaje de Pesados (PT) = 15.3 %

Porcentaje de Buses (PB) = 8.18 %

Porcentaje de vehículos Recreacionales (PR) = 0%

- Se determina el nivel de servicio que se utilizará para el análisis.

Nivel de servicio (NS) = A

- Se consideran las equivalencias vehiculares planteadas en la tabla 3.46 según el tipo de vehículos y el tipo de terreno.

Equivalencia de Pesados (ET) = 2.0

Equivalencia de Buses (EB) = 1.8

Equivalencia de Recreacionales (ER) = 0

Utilizando la ecuación se obtiene:

$$F_{hv} = \frac{1}{1 + 0.1530(2 - 1) + 0.0818(1.8 - 1)} = 0.82$$

Se efectúa el mismo procedimiento para los otros niveles de servicio y para las otras arterias en estudio. A continuación, se presenta el resumen del factor de vehículos pesados para las arterias que convergen con la intersección, considerando los diversos Niveles de Servicio.

Tabla 3.47 Consideración de los diferentes niveles de servicio.

Arteria	Nivel de servicio	F <sub>hv</sub>
CA-1 San Miguel	A	0.82
	B-C	0.79
	D-E	0.83
CA-1 La Unión	A	0.90
	B-C	0.88
	D-E	0.91
Carretera El Delirio-San Miguel	A	0.93
	B-C	0.91
	D-E	0.93

Fuente: Elaboración propia.



**2. Calcular los volúmenes del flujo de servicio para cada nivel, utilizando la fórmula siguiente.**

Se utilizan como base los datos para la arteria CA-1 San Miguel.

- a. Se determina el nivel de servicio que se utilizara para el análisis.

$$\text{Nivel de servicio (NS)} = A$$

- b. Se encuentra (V/C).

Como se mencionó anteriormente en la intersección el tipo de terreno es plano con una restricción del 0%, se utilizan los datos de la tabla 3.47; además de ello se analizan los datos utilizando los diversos niveles de servicio.

$$\text{Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio (V/C)} = 0.15$$

Tabla 3.48 Restricción de paso según el tipo de Terreno

Nivel de Servicio (NS)	Terreno plano						Terreno ondulado						Terreno montañoso					
	Restricción de paso %						Restricción de paso %						Restricción de paso %					
<b>A</b>	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.1	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
<b>B</b>	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.2	0.16	0.13	0.12	0.1
<b>C</b>	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.3	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.2	0.16
<b>D</b>	0.64	0.62	0.6	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.5	0.45	0.4	0.37	0.33
<b>E</b>	1	1	1	1	1	1	0.97	0.94	0.92	0.91	0.9	0.9	0.91	0.87	0.84	0.82	0.8	0.78

Fuente: Highway Capacity Manual 1994, table 8.1, página 283.

- c. Se encuentra el factor direccional (Fd).

Para encontrar el factor direccional se utilizan los datos de la tabla y como se mencionó anteriormente se considera un factor de 100/0 ya que solo hay una calle y no tiene división de flujo, de la tabla 3.45 el factor será 0.71

Tabla 3.49 Factores de Ajuste por Distribución Direccional del Tránsito en Carreteras de dos carriles.

Separación Direccional (%,%)	Factor
<b>50/50</b>	<b>1</b>
<b>60/40</b>	<b>0.94</b>
<b>70/30</b>	<b>0.89</b>
<b>80/20</b>	<b>0.83</b>
<b>90/10</b>	<b>0.75</b>
<b>100/0</b>	<b>0.71</b>

Fuente: Highway Capacity Manual 1994

- d. Se considera el factor de vehículos pesados ( $F_{hv}$ ).

El dato a utilizar se encuentra en la tabla 3.46, calculado anteriormente. Factor de vehículos pesados para nivel A ( $F_{hv}$ ) = 0.82

- e. Se calcula el flujo de servicio ( $S_{fi}$ ) utilizando todos los datos antes planteados.

$$S_{fi} = 2800 \times (v/c) (fd)(fhv)$$

$$S_{fi} = 2800 \times 0.15 \times 0.71 \times 0.82$$

$$S_{fi} = 245$$

Se efectúa el mismo procedimiento para los otros niveles de servicio y para las otras arterias en estudio. A continuación, se presenta el resumen del flujo de servicio para cada arteria.

Tabla 3.50 Flujo de Servicio para cada arteria que converge en el redondel

Arteria	Nivel de Servicio	S <sub>fi</sub>
<b>CA-1 San Miguel</b>	A	245
	B	424
	C	676
	D	1056
	E	1650
<b>CA-1 La Unión</b>	A	269
	B	473
	C	753
	D	1158
	E	1809
<b>Carretera El Delirio-San Miguel</b>	A	278
	B	489
	C	778
	D	1184
	E	1849

Fuente: Elaboración propia.

### 3.12.3 Convertir el Flujo de la Demanda Horaria (V, En Vph) en Flujo Equivalente

$$V = v/FHP$$

*Ecuación 3.18 – Flujo equivalente.*

- a. Se utiliza el volumen máximo de la demanda horaria.

Según la tabla de volumen de hora pico el valor correspondiente a

CA-1 San Miguel = 1086 veh.

- b. Se convierte la demanda horaria en flujo equivalente con el valor de Fhp más

desfavorable del nivel de servicio E.

El factor de hora pico para cada arteria será:

CA-1 San Miguel = 0.9662

CA-1 La Unión = 0.9427

Carretera El Delirio-San Miguel = 0.9677

$V = 1086 / 0.9662 = 1124$  veh.

- c. Comparar V, con el volumen calculado en SFI.

% disponible =  $((1650 - 1124)/1650) * 100 = 32\%$     NS    E

Tabla 3.51 Nivel de Servicio de cada arteria.

Arteria	V	V/Fhp	NS Comparado	Disponibilidad (%)	NS
CA-1 San Miguel	1086	1124	1650	32	E
CA-1 La Unión	724	768	1158	33	D
Carretera El Delirio-San Miguel	898	928	1184	22	D

Fuente: Elaboración propia

De los datos de la tabla anterior se confirma que todas las intersecciones cuentan con un nivel de servicio deficiente

**CAPITULO IV: ANÁLISIS DE TRÁFICO  
PARA LA PROPUESTA DE DISEÑO  
GEOMÉTRICO.**

## 4.1 INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de realizar una propuesta de diseño geométrico que reúna las mejores condiciones posibles para el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero de la ciudad de San Miguel se han realizado los estudios necesarios para obtener los criterios más importantes a intervenir. El análisis de una propuesta parte del proceso preliminar de recolección de datos y reconocimiento de campo teniendo como fin mejorar la movilidad y la accesibilidad vehicular en dicho redondel.

Las propuestas pueden ser numerosas, sin embargo, con este estudio se pretende enfocarse en la propuesta que cumpla con la necesidad más urgente, a bajo costo y que puede tener una durabilidad conveniente, además, este es un proceso altamente influenciado factores tales como: el tipo de terreno, la adquisición de derechos de vía, capacidad del redondel y demanda en hora punta.

A partir de la propuesta de diseño geométrico se analizarán los valores esperados de variables como: Transito promedio diario anual (TPDA), intensidad en hora punta, media y baja; Capacidad y niveles de servicio.

También en este capítulo se pretende dar solución a algunos problemas que muchas veces se consideran de menor importancia pero que influyen en la movilidad y la accesibilidad vehicular en el redondel, como lo son: las mejoras de señalización, las mejoras de visibilidad y las mejoras a la capa de rodadura.

Finalmente se presenta en esta sección la respectiva comparación de las variables estudiadas, antes y después de la propuesta para de esta manera poder verificar de manera aproximada el nivel de mejora en la movilidad y accesibilidad vehicular en el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero de la ciudad de San Miguel.

## 4.2 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD.

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras<sup>14</sup>: **“Bajo condiciones ideales del tránsito y de la vía, las autopistas tienen una capacidad de 2,000 vehículos livianos por carril por hora. En carreteras de dos carriles, por otra parte, se alcanzan capacidades de 3,200 veh/h en ambos sentidos de la circulación, siendo la capacidad por sentido de circulación de 1,700 veh/h”.**

Además de la referencia anterior, también se presenta una tabla del Departamento de Estado de Nueva York que muestra los umbrales de volumen para determinar el número de carriles de un redondel y para un solo carril la capacidad en la entrada y salida no debe de exceder de 1,700 veh/h, si existe un dato superior puede indicar la necesidad de una entrada o salida de doble carril.

Tabla 4.1 Umbrales de volumen para determinar el número de carriles de entrada requeridos.

Rango de Volumen	Número de carriles requeridos
0 a 1500 veh./h	Entrada de un solo carril puede ser suficiente
1500 a 1700 veh./h	Puede ser suficiente de un solo carril en base a un análisis más detallado
1700 a 1800 veh./h	Entrada de dos carriles puede ser suficiente
Más de 1800 veh./h	Puede ser necesaria la entrada de más de dos carriles
	Debe de llevarse a cabo una evaluación más detallada de capacidades para verificar los números de carriles y arreglos.

Fuente: Departamento de Estado de Nueva York de transporte.

La capacidad máxima que se puede acomodar en una rotonda de entrada, depende de dos factores: el flujo de circulación en la rotonda y los elementos geométricos. Cuando el flujo de

<sup>14</sup> Manual Centroamericano de Diseño Geométrico de Carreteras, Capítulo 2, (201, p.58).

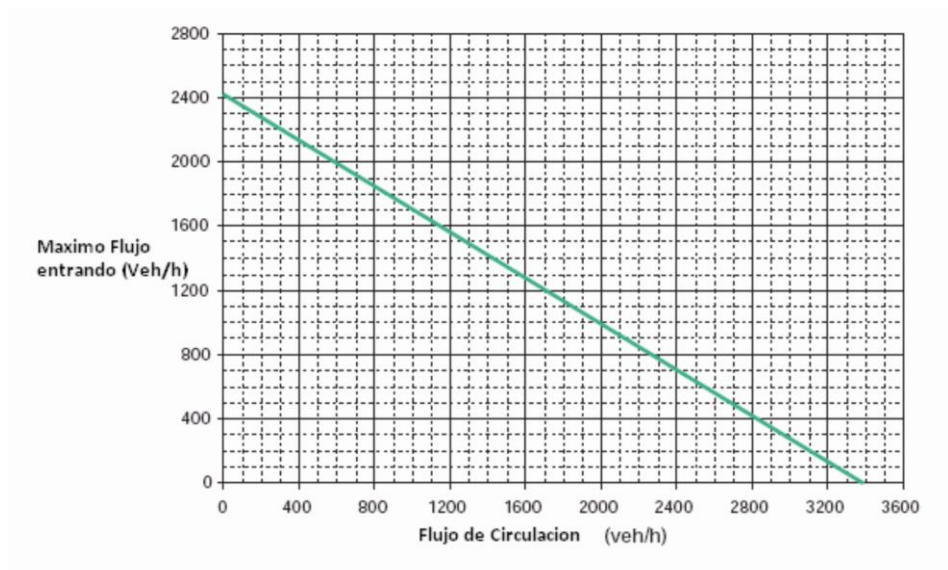
circulación es bajo, los conductores en la entrada son capaces de entrar en la rotonda sin ningún retraso significativo.

Es vital tener en cuenta que, al calcular la capacidad de una rama, la corriente real que circula, puede ser menos que los flujos de la demanda y la capacidad de entrada en una rama que contribuyen al flujo de circulación es menor que la demanda sobre esa rama.

Los elementos geométricos de una rotonda, también afectan la velocidad del flujo de entrada. Los elementos geométricos más importantes son el ancho de a entrada y la senda circulatoria, o el número de carriles en la entrada y en la rotonda.

En la siguiente figura se muestra la capacidad que se espera de una rotonda y se basa en las plantillas de diseño para la población urbana. El pronóstico de la capacidad que muestra el gráfico es válido para las rotondas con diámetros del círculo inscrito desde 40 m hasta 60m, el cual se ajusta perfectamente a este caso de estudio ya que el redondel monseñor Oscar Arnulfo Romero posee un diámetro de círculo inscrito de 60m.

Figura 4.1 Capacidad de Acercamiento para Rotondas



FUENTE: Anexo 4.4 ROUNDABOUT AN INFORMATIONAL GUIDE.

Utilizando la figura anterior se determina la capacidad que se espera en una rotonda.

Para una comparación con el gráfico de la Capacidad de Acercamiento para Rotondas es necesario obtener un promedio del número de vehículos por hora que circulan para cada una de las arterias en estudio.

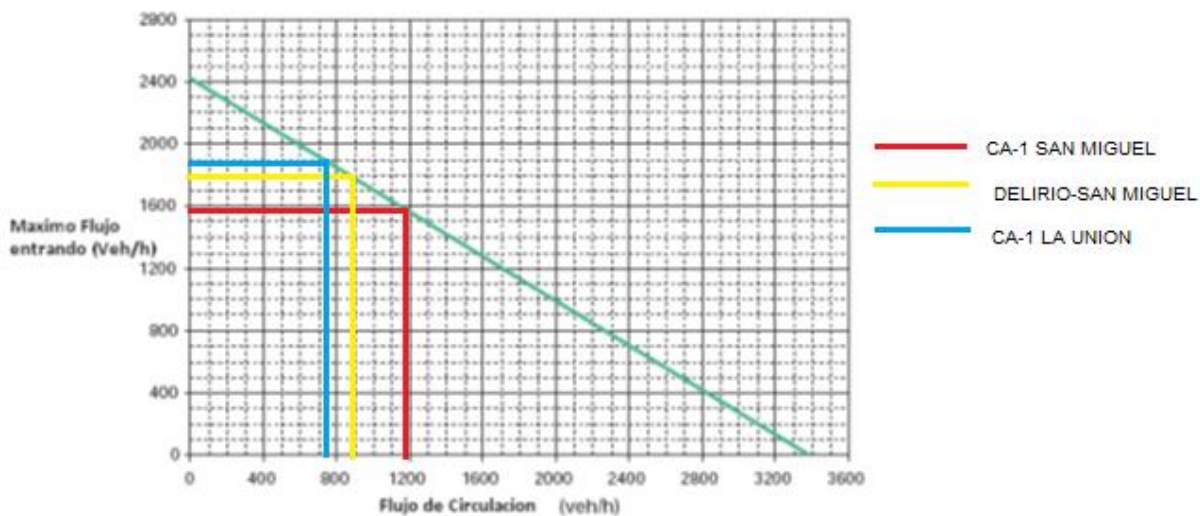
Tabla 4.2 Flujo Vehicular Promedio por arteria

Tramo	Flujo circulante (veh/h)
CA-1 San Miguel	1086
El Delirio – San Miguel	898
CA-1 La Unión	724

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera graficando el número promedio de vehículos que circulan se puede obtener el máximo flujo entrando de cada arteria como se muestra a continuación.

Figura 4.2 Aplicación del Grafico de la Capacidad de Acercamiento.



Fuente: Elaboración Propia.

De la imagen 4.2 se obtiene la capacidad máxima de entrada de las arterias y se muestran en la tabla siguiente:



Tabla 4.3 Flujo Máximo de entrada.

<b>Tramo</b>	<b>Capacidad</b>
<b>CA-1 San Miguel</b>	<b>1595</b>
<b>El Delirio – San Miguel</b>	<b>1700</b>
<b>CA-1 La Unión</b>	<b>1790</b>

Fuente: Elaboración Propia

De los datos anteriores se puede concluir que, según la capacidad máxima de entrada para cada arteria, la de CA-1 La Unión excede el valor límite para rotondas de un solo carril y por lo tanto existe la necesidad de adicionar un carril para cumplir con los valores seguros y evitar el congestionamiento, la espera prolongada en colas, etc. Dado que este tramo es el único que no cuenta con un carril directo para vehículos que se dirigen de la CA-1 La Unión a San Miguel se propone adicionarlo para un re direccionamiento vehicular.

### 4.3 DISEÑO GEOMÉTRICO.

Uno de los puntos centrales de esta investigación es utilizar toda la información anteriormente recaudada y estudiada, para realizar un Diseño Geométrico que sea eficaz en mejorar la Movilidad y la Accesibilidad vehicular en el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero de la ciudad de San Miguel.

Como se mencionó en el numeral anterior la capacidad máxima de entrada de la arteria CA-1 La Unión excede el valor límite para rotondas de un solo carril por lo tanto existe la necesidad de adicionar un carril que conecta a los usuarios que se conducen de esta arteria y se dirigen a San Miguel sin tener que incorporarse al redondel. Es desconocido el motivo por el cual a la hora de diseñar esta intersección no se tomó en cuenta esta opción para este tramo, pero si se realizó para los usuarios que se conducen de San Miguel hacia el Delirio y los que se conducen de El Delirio hacia La Unión.

Es necesario recalcar que esta propuesta de diseño sería la opción más económica pues resolvería el problema de colas extremadamente largas y no se tendrían que comprar derechos de vías para ampliación o construcción, también es la propuesta más rápida de ejecutar, pero no necesariamente la más duradera.

Finalmente, para ahondar más detalladamente en la propuesta de diseño geométrico ver los ANEXOS 7,8 Y 9.

#### 4.4 CÁLCULO DEL TPDA ESPERADO.

Según el Manual Centroamericano de Diseño Geométrico de Carreteras, en una carretera de carriles múltiples, es frecuente encontrar que la carga del tránsito en el sentido predominante durante la hora pico alcanza hasta 60 por ciento más vehículos que la corriente de sentido menos habitual, por lo tanto, la utilización de un 50 o 60 por ciento como factor promedio de distribución direccional parece razonable, a falta de otros elementos de juicio como en este caso en estudio.

Dado lo anterior, luego de la propuesta realizada de incorporar un carril directo que viene de CA-1 La Unión a San Miguel es necesario recalcular el TPDA para las nuevas condiciones. Por lo tanto, se utilizará el factor del 50% para la distribución direccional y se realizará en base al conteo vehicular del lunes 16 de diciembre de 2019.

Tabla 4.4 Volumen de Vehículos esperados para la entrada de CA-1 La Unión.

Conteo Vehicular del tramo CA-1 La Unión																	
HORA DE AFORO	BICICLETA	MOTOCICLETA	AUTOMOVIL	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TOTAL POR HORA
6:00 A.M	10	79	150	63	14	13	23	2	0	0	0	0	0	0	1	1	356
7:00 A.M	2	85	156	69	9	14	25	2	0	0	0	0	0	0	1	1	364
8:00 A.M	1	40	138	92	11	16	32	0	0	0	0	0	0	0	2	1	333
9:00 A.M	1	25	145	70	11	5	25	0	3	0	0	0	0	0	0	0	285
10:00 A.M	2	22	137	77	13	8	19	0	1	0	0	0	0	0	1	0	280
11:00 A.M	1	19	128	74	14	11	17	1	0	0	0	1	0	0	0	0	266
12:00 P.M	3	38	142	76	15	14	32	3	0	0	0	0	1	1	2	4	331
1:00 P.M	1	40	132	90	12	10	26	8	0	2	0	0	0	0	1	2	324
2:00 P.M	1	26	123	70	11	7	24	3	2	0	0	0	1	0	0	0	268
3:00 P.M	1	24	146	73	10	12	18	1	1	2	0	0	0	0	0	1	289
4:00 P.M	2	23	151	78	11	12	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	294
5:00 P.M	2	30	135	90	12	13	16	0	5	0	0	2	0	0	0	0	305
<b>TOTAL POR VEHICULO</b>	27	451	1683	922	143	135	272	22	12	4	0	3	2	1	8	10	<b>3695</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Como el volumen de vehículos que tomarán como opción el carril directo de CA-1 La Unión a San Miguel, no influirán en el tráfico vehicular del Redondel simplemente se redujo a la mitad el Flujo de vehículos entrante como se muestra en la tabla 4.5, además, el volumen del parque vehicular que circula por el redondel se verá afectado y quedará de la siguiente manera:

Tabla 4.5 Volumen total de vehículos esperados que circulen en el Redondel.

<b>Conteo Vehicular Total</b>																	
<b>HORA DE AFORO</b>	<b>BICICLETA</b>	<b>MOTOCICLETA</b>	<b>AUTOMOVIL</b>	<b>PICK UP</b>	<b>MICROBUS</b>	<b>BUS</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C2-S1</b>	<b>C4</b>	<b>T2-S1</b>	<b>T2-S2</b>	<b>T2-S3</b>	<b>T3-S1</b>	<b>T3-S2</b>	<b>T3-S3</b>	<b>TOTAL POR HORA</b>
<b>6:00 A.M</b>	23	274	727	273	75	61	75	14	0	0	0	0	0	1	3	1	1527
<b>7:00 A.M</b>	11	304	951	375	46	58	99	8	39	0	3	0	1	0	6	1	1902
<b>8:00 A.M</b>	6	232	942	521	65	81	162	15	42	0	10	3	1	0	3	3	2086
<b>9:00 A.M</b>	21	226	885	340	61	45	92	1	3	0	0	0	0	0	4	0	1678
<b>10:00 A.M</b>	13	227	789	355	39	41	64	4	3	0	2	0	2	0	3	0	1542
<b>11:00 A.M</b>	13	212	772	316	56	48	74	3	3	0	2	2	2	0	0	0	1503
<b>12:00 P.M</b>	15	254	752	615	69	57	105	7	0	2	0	5	1	1	3	4	1890
<b>1:00 P.M</b>	13	248	767	582	74	46	128	10	0	6	0	0	0	1	1	2	1878
<b>2:00 P.M</b>	5	138	731	327	56	42	81	4	3	1	1	0	1	0	0	1	1391
<b>3:00 P.M</b>	5	198	571	428	70	41	66	4	1	4	1	1	0	0	0	1	1391
<b>4:00 P.M</b>	20	188	688	470	69	50	59	3	3	2	3	0	0	1	0	1	1557
<b>5:00 P.M</b>	39	288	898	383	91	51	80	2	5	0	0	2	0	0	5	2	1846
<b>TOTAL POR VEHICULO</b>	<b>184</b>	<b>2789</b>	<b>9473</b>	<b>4985</b>	<b>771</b>	<b>621</b>	<b>1085</b>	<b>75</b>	<b>102</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>20191</b>

Fuente: Elaboración Propia.

A partir de los datos anteriores se seguirá el mismo procedimiento para calcular el TPDA que en el capítulo 3.-

#### **4.4.1 Cálculo del Transito Diario Esperado (TD)**

Para poder calcular el TPDA es necesario obtener el Tránsito Diario ya que el aforo se realizó únicamente durante 12 horas continuas para lo cual se utilizará el mismo procedimiento que en el capítulo 3.

**Volumen24 horas = Volumen12 horas x Factor de expansión nocturno.**

*Ecuación 4.1 Volumen Diario*

Tramo CA-1 La Unión

- Bicicletas

Volumen12 horas = 27 bicicletas

### **LUNES**

Factor de expansión nocturno (lunes) = 1.2338

V = ?

Solución

V= 27 bicicletas x 1.2338

V= 34 bicicletas

### **MARTES**

Factor de expansión nocturno (martes) = 1.2753

V = ?

Solución

V= 27 bicicletas x 1.2753

V= 35 bicicletas

### **MIÉRCOLES**

Factor de expansión nocturno (miércoles) = 1.2781

V = ?

Solución

V= 27 bicicletas x 1.2781

V= 35 bicicletas

### **JUEVES**

Factor de expansión nocturno (jueves) = 1.2631

V = ?

Solución

V= 27 bicicletas x 1.2631

V= 35 bicicletas

### **VIERNES**

Factor de expansión nocturno (viernes) = 1.2728

V = ?

Solución

V= 27 bicicletas x 1.2728

V= 34 bicicletas

### **SÁBADO**

Factor de expansión nocturno (sábado) = 1.2461

V = ?

Solución

V= 27 bicicletas x 1.2461

V= 35 bicicletas

### **DOMINGO**

Factor de expansión nocturno (miércoles) = 1.2779

V = ?

Solución

V= 27 bicicletas x 1.2779

V= 35 bicicletas

**TOTAL SEMANAL = 204 BICICLETAS**

Tabla 4.6 Tránsito Diario Esperado del tramo CA-1 La Unión

Tránsito Diario Esperado del tramo CA-1 La Unión								
VEHÍCULOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL
Bicicleta	34	35	35	35	35	34	35	243
Motocicleta	557	576	577	570	574	562	577	3993
Automóvil	2077	2147	2151	2126	2143	2098	2151	14893
Pick Up	1138	1176	1179	1165	1174	1149	1179	8160
Microbús	177	183	183	181	182	179	183	1268
Bus	167	173	173	171	172	179	173	1208
C2	336	347	348	344	347	339	348	2409
C3	28	28	29	28	28	28	29	198
C2-S1	15	16	16	16	16	15	16	110
C4	5	6	6	5	5	5	6	38
T2-S1	0	0	0	0	0	0	0	0
T2-S2	4	4	4	4	4	4	4	28
T2-S3	3	3	3	3	3	3	3	21
T3-S1	2	2	2	2	2	2	2	14
T3-S2	10	11	11	11	11	10	11	75
T3-S3	13	13	13	13	13	13	13	91

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.2 Transito Promedio Diario Semanal Esperado (TPDS)

Partiendo de la tabla anterior se realizará el cálculo del tránsito promedio semanal (TPDS) con la siguiente formula:

$$\text{TPDS} = \text{total semanal} / 7 \text{ días}$$

*Ecuación 4.2 - Transito Promedio Diario Semanal*

Tramo CA-1 San Miguel

- Bicicletas

A continuación, se representará en una tabla el cálculo efectuado para cada vehículo

Tabla 4.7 Transito Promedio Diario Semanal Esperado

<b>Transito Promedio Diario Semanal tramo CA-1 La Unión</b>	
<b>VEHICULO</b>	<b>TPDS</b>
Bicicleta	35
Motocicleta	571
Automóvil	2128
Pick Up	1166
Microbús	182
Bus	173
C2	345
C3	29
C2-S1	16
C4	6
T2-S1	0
T2-S2	4
T2-S3	3
T3-S1	2
T3-S2	11
T3-S3	13
<b>Total</b>	<b>4684</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3 *Transito Mensual Esperado (TM)*

Partiendo de la tabla 4.7 se calcula el tránsito mensual de la siguiente manera:

$$\mathbf{TM = total\ semanal * 4\ semanas}$$

*Ecuación 4.3 - Transito Mensual*

Tramo CA-1 San Miguel

- Bicicletas

$$TM = 243\ bicicletas * 4\ semanas$$

$$TM = 972\ bicicletas\ al\ mes$$

Obtenido este valor se procede a multiplicarlo por el factor de expansión de cada mes, de la siguiente manera:



### Tramo CA-1 San Miguel

- Bicicletas

TM= 972 bicicletas

#### **ENERO**

Factor de expansión (enero) = 0.9643

TPDM= 972 bicicletas x 0.9643

TPDM= 938 bicicletas

Aplicaremos la misma fórmula para cada uno de los meses, acorde a su factor de expansión, a continuación, se representan en una tabla.

Tabla 4.8 Factor de expansión por mes

<b>Factor de expansión por cada mes</b>											
<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
0.9643	0.9797	0.9812	0.9868	0.9565	1.0210	1.0240	0.9729	1.0856	1.1155	1.0280	0.9171

Fuente: Adaptado del MOP

A partir del factor de expansión se puede obtener el tránsito mensual de cada vehículo para cada mes del año, los cuáles se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.9 Tránsito Mensual Esperado

<b>Tránsito Mensual tramo CA-1 La Unión</b>													
<b>VEHICULO</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Total</b>
<b>Bicicleta</b>	937	952	954	959	930	992	995	946	1055	1084	999	891	11696
<b>Motocicleta</b>	15402	15648	15672	15761	15277	16307	16355	15539	17339	17817	16419	14648	192185
<b>Automóvil</b>	57445	58363	58452	58786	56981	60823	61002	57958	64671	66453	61240	54633	716806
<b>Pick Up</b>	31475	31977	32026	32209	31220	33325	33423	31755	35434	36410	33554	29934	392744
<b>Microbús</b>	4891	4969	4977	5005	4851	5179	5194	4935	5506	5658	5214	4652	61029
<b>Bus</b>	4659	4734	4741	4768	4622	4933	4948	4701	5246	5390	4967	4431	58142
<b>C2</b>	9292	9440	9455	9509	9217	9838	9867	9375	10461	10749	9906	8837	115946
<b>C3</b>	764	776	777	782	758	809	811	771	860	883	814	726	9530
<b>C2-S1</b>	424	431	432	434	421	449	451	428	478	491	452	404	5294
<b>C4</b>	147	149	149	150	145	155	156	148	165	170	156	139	1829
<b>T2-S1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>T2-S2</b>	108	110	110	111	107	114	115	109	122	125	115	103	1348
<b>T2-S3</b>	81	82	82	83	80	86	86	82	91	94	86	77	1011
<b>T3-S1</b>	54	55	55	55	54	57	57	54	61	62	58	51	674
<b>T3-S2</b>	289	294	294	296	287	306	307	292	326	335	308	275	3610
<b>T3-S3</b>	351	357	357	359	348	372	373	354	395	90	374	334	4064
<b>TOTAL POR MES</b>	126319	128337	128533	129267	125298	133747	134140	127446	142209	145810	134664	120136	1575906

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.4.4 Transito Promedio Diario Anual Esperado (TPDA)

Obtenido el tránsito promedio diario mensual esperado, se puede calcular el TPDA esperado utilizando la siguiente formula:

$$\text{TPDA} = \text{volumen total del año} / 365 \text{ días}$$

*Ecuación 4.4 - Transito Promedio Diario Anual*

Tramo CA-1 San Miguel

- Bicicletas

TS = 11696 bicicletas /365 días

TS= 32 bicicletas/ diarias

A continuación, se presenta la tabla con el cálculo para cada tipo de vehículo.

Tabla 4.10 Tránsito Promedio Diario Anual Esperado (TPDA)

<b>Transito Promedio Diario Anual CA-1 La Unión</b>	
<b>VEHICULO</b>	<b>Total</b>
<b>Bicicleta</b>	32
<b>Motocicleta</b>	527
<b>Automóvil</b>	1964
<b>Pick Up</b>	1076
<b>Microbús</b>	167
<b>Bus</b>	159
<b>C2</b>	318
<b>C3</b>	26
<b>C2-S1</b>	15
<b>C4</b>	5
<b>T2-S1</b>	0
<b>T2-S2</b>	4
<b>T2-S3</b>	3
<b>T3-S1</b>	2
<b>T3-S2</b>	10
<b>T3-S3</b>	11
<b>TOTAL POR MES</b>	<b>4319</b>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.5 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD ESPERADA.

Para realizar el cálculo de la intensidad esperada, es necesario conocer la demanda en hora punta, en el capítulo 3 ya se ha realizado este proceso por lo tanto en este apartado se aplicará el mismo principio que en el numeral 4.4 de multiplicar los valores por el factor de 0.5 y se obtienen los siguientes datos:

Tabla 4.11 Demanda esperada en hora Punta

Volumen en hora punta en el tramo CA-1 La Unión																	
HORA	BICICLETA	MOTO	AUTOMOVIL	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TOTAL
7:00 - 7:15 AM	1	18	40	15	3	4	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	88
7:15 - 7:30 AM	0	22	39	18	2	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	92
7:30 - 7:45 AM	1	19	36	19	2	4	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	88
7:45 - 8:00 AM	0	26	41	17	2	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	96
<b>TOTAL</b>	2	85	156	69	9	14	25	2	0	0	0	0	0	0	1	1	364

Fuente: Elaboración Propia.

Es apreciable que el volumen máximo en el tramo CA-1 La Unión se dio en el periodo de las 7:45 a 8:00 am. Para conocer la Intensidad horaria, es necesario encontrar el factor de la hora de máxima demanda, este es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentración de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora; dicho factor se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$FHP = VHMD / N \times (qmax)$$

*Ecuación 4.5 - Factor de Hora Pico*

Donde:

FHP: Factor de Hora Pico

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda

N: Numero de periodos durante la hora máxima

qmax: flujo máximo durante el periodo dado

Como se mencionó anteriormente, el periodo utilizado fue de 15 min, por lo cual el número de periodos en total fueron 4 para cada hora. Para el tramo CA-1 La Unión se tiene:

$$FHP \text{ CA-1 La Unión} = (88+92+88+96) \text{ v/} / 4 \times (96 \text{ veh})$$

$$FHP \text{ CA-1 La Unión} = 0.95$$

Para el cálculo de la tasa del cuarto de hora de mayor tráfico total de la calzada, o también llamada intensidad horaria se utiliza la siguiente ecuación:

$$I = Q / FHP$$

*Ecuación 4.6 - Intensidad horaria*

Donde:

I: Intensidad horaria, total de la calzada.

Q: Volumen horario de trafico de una hora completa, total de la calzada.

FHP: Factor de Hora Pico.

Una vez definida la ecuación se prosigue al cálculo de las intensidades horarias para la arteria, el proceso es el siguiente:

$$I \text{ CA-1 La Unión} = (88+92+88+96) \text{ veh.} / 0.95$$

$$I \text{ CA-1 La Unión} = 384 \text{ v/h}$$

Se realizó el mismo procedimiento para determinar la intensidad, media y baja. Los resultados se presentan en las tablas siguientes:

Tabla 4.12 Demanda esperada en hora media.

<b>Volumen en hora de Media Demanda en el tramo El Delirio - San Miguel</b>																	
HORA	BICICLETA	MOTO	AUTOMOVIL	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TOTAL
<b>5:00 - 5:15 PM</b>	1	7	35	21	4	3	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	77
<b>5:15 - 5:30 PM</b>	0	5	38	24	3	4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	79
<b>5:30 - 5:45 PM</b>	0	10	33	19	3	4	3	0	2	0	0	1	0	0	0	0	75
<b>5:45 - 6:00 PM</b>	1	8	29	26	2	2	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	74
<b>TOTAL</b>	2	30	135	90	12	13	16	0	5	0	0	2	0	0	0	0	305

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.13 Demanda esperada en hora baja.

<b>Volumen en hora de Baja Demanda en el tramo El Delirio - San Miguel</b>																	
HORA	BICICLETA	MOTO	AUTOMOVIL	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S2	T3-S3	TOTAL
<b>11:00 - 11:15 AM</b>	0	5	32	19	4	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
<b>11:15 - 11:30 AM</b>	1	4	35	18	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	67
<b>11:30 - 11:45 AM</b>	0	5	30	20	4	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
<b>11:45 - 12:00 AM</b>	1	5	31	17	3	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	62
<b>TOTAL</b>	1	19	128	74	14	11	17	1	0	0	0	1	0	0	0	0	266

Fuente: Elaboración propia.

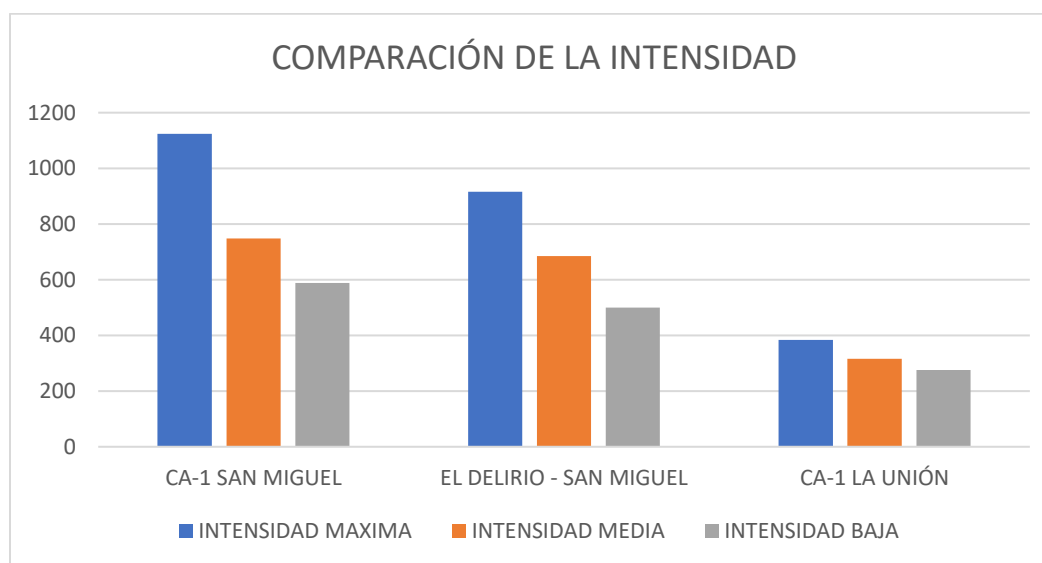
. Como se ha mencionado anteriormente las intensidades de las arterias CA-1 San Miguel y El Delirio – San Miguel, se toman constantes, por lo tanto, en la tabla y el gráfico siguientes se presentan las nuevas comparaciones

Tabla 4.14 Intensidad máxima, media y baja esperadas.

TRAMO	Intensidad Máxima, Media y Baja		
	INTENSIDAD MAXIMA	INTENSIDAD MEDIA	INTENSIDAD BAJA
CA-1 SAN MIGUEL	1124 V/H	748 V/H	588 V/H
EL DELIRIO - SAN MIGUEL	916 V/H	685 V/H	500 V/H
CA-1 LA UNION	384 V/H	316 V/H	276 V/H

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3 Comparación de la Intensidad de cada Entrada.



Fuente: Elaboración Propia.

De lo anterior se puede deducir que, la disminución de la intensidad en CA-1 La Unión no contribuye a disminuir las intensidades de las otras dos arterias, por el contrario, podría ayudar a incrementarlo dado que el acceso sería más fácil por haber menos flujo en la entrada de la CA-1 La Unión.

#### 4.6 PROYECCIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR.

El Manual Centroamericano de Diseño geométrico de Carreteras, edición 2011 en el Capítulo 2, recomienda adoptar un período de proyección de veinte años como base para el diseño.

Se debe tomar en cuenta que el volumen de vehículos livianos aumenta más significativamente que los vehículos pesados, el Ministerio de Obras Publicas ha adoptado en forma general una tasa de crecimiento a nivel nacional y para todo tipo de vehículo, esta se encuentra contemplada en el estudio más reciente y cercano a la zona, el **Estudio Preparatorio para la Construcción de Carreteras Troncales en El Salvador, By Pass San Miguel, en el capítulo 6.3** de dicho documento menciona que la tasa de crecimiento utilizada según el **PLAMADUR** es la del 3.5% para proyecciones futuras. En base a lo anterior y siendo el estudio más reciente y cercano a la zona la tasa de crecimiento vehicular a utilizar en este proyecto será la del 3.5%.

A partir de la consideración de que el flujo y la intensidad vehicular en la entrada CA-1 La Unión del Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero disminuirán a la mitad es necesario conocer la demanda vehicular futura, Para lo cual, es necesario hacer uso de fórmulas de proyección del tránsito vehicular:

$$V_f = V_o (1 + i)^n$$

Ecuación 4.7 - Volumen proyectado

Donde:

$V_f$  = Volumen proyectado.

$V_o$  = Volumen del año actual igual al TPDA.



$i$  = Tasa de crecimiento

$n$  = Número de años de proyección

Se proyecta el TPDA encontrado hasta el año horizonte, utilizando la tasa de crecimiento planteada anteriormente.

Esto se realiza para cada tipo de vehículo, para lo cual se toman las siguientes consideraciones:

- ✓ Año de realización del proyecto: 2019
- ✓ Año de funcionamiento: 2022
- ✓ Año horizonte: 2039

Procedimiento:

Se proyecta para cada año, en este caso se hará del año 2019 al 2020 el TPDA de autos de la ruta CA-1 San Miguel, para ello se necesitan los siguientes datos:

$V_f = \text{TPDA} = ?$

$V_o = 89$

$i = 3.5\%$

$n = 1$

Se proyecta para cada año, en este caso se proyectará del año 2019 al 2020

$$V_f \text{ 2020} = V_i (1 + 0.035)^1$$

$$V_f \text{ 2020} = 89(1 + 0.035)^1$$

$$V_f \text{ 2020} = \text{TPDA}_{2020} = 92 \text{ bicicletas.}$$

Se realiza el mismo procedimiento para los diferentes tipos de vehículos y para cada año, hasta llegar al año horizonte 2039. A continuación, se presentan la proyección esperada de la CA-1 La Unión.

Tabla 4.15 Transito Promedio Diario Anual de la ruta CA-1 La Unión proyectado

TPDA ESPERADO CA-1 LA UNION PROYECTADO																	
PERIODO	BICICLET A	MOT O	AUTOMOVI L	PICK UP	M.B US	BUS	C2	C3	C2- S1	C4	T2 - S1	T 2- S 2	T2 - S3	T3 S1	T3 S2	T3 -S3	TPDA TOTAL
2019	32	527	1964	1076	167	159	318	26	15	5	0	4	3	2	1	11	4319
2020	33	545	2033	1114	173	165	329	27	16	5	0	4	3	2	1	11	4470
2021	34	565	2104	1153	179	170	341	28	16	5	0	4	3	2	1	12	4627
2022	35	584	2178	1193	185	176	353	29	17	6	0	4	3	2	1	12	4788
2023	37	605	2254	1235	192	182	365	30	17	6	0	5	3	2	1	13	4957
2024	38	626	2333	1278	198	189	378	31	18	6	0	5	4	2	1	13	5131
2025	39	648	2414	1323	205	195	391	32	18	6	0	5	4	2	1	14	5308
2026	41	670	2499	1369	212	202	405	33	19	6	0	5	4	3	1	14	5495
2027	42	694	2586	1417	220	209	419	34	20	7	0	5	4	3	1	14	5687
2028	44	718	2677	1466	228	217	433	35	20	7	0	5	4	3	1	15	5886
2029	45	743	2770	1518	236	224	449	37	21	7	0	6	4	3	1	16	6093
2030	47	769	2867	1571	244	232	464	38	22	7	0	6	4	3	1	16	6305
2031	48	796	2968	1626	252	240	480	39	23	8	0	6	5	3	1	17	6526
2032	50	824	3072	1683	261	249	497	41	23	8	0	6	5	3	1	17	6755
2033	52	853	3179	1742	270	257	515	42	24	8	0	6	5	3	1	18	6990
2034	54	883	3290	1803	280	266	533	44	25	8	0	7	5	3	1	18	7236
2035	55	914	3405	1866	290	276	551	45	26	9	0	7	5	3	1	19	7488
2036	57	946	3525	1931	300	285	571	47	27	9	0	7	5	4	1	20	7752
2037	59	979	3648	1999	310	295	591	48	28	9	0	7	6	4	1	20	8022
2038	62	1013	3776	2069	321	306	611	50	29	10	0	8	6	4	1	21	8305
2039	64	1049	3908	2141	332	316	633	52	30	10	0	8	6	4	2	22	8595

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ESPERADA.

En el capítulo 3 sección 3.10, se realizó el cálculo de la capacidad empírica y teórica del Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, en este apartado, se utilizó el mismo procedimiento para calcular la capacidad esperada y se consideró que, la geometría que influye en la capacidad del redondel no cambiará con la propuesta de diseño, por lo tanto, se tomarán las mismas dimensiones.

##### 4.7.1 Cálculo de la Intensidad del Tráfico Anular

Para calcular el  $Q_c$  o la Intensidad del Tráfico Anular, simplemente se hace la sumatoria del flujo horario promedio de cada una de las tres entradas, además, a todos los flujos se le aplicará una corrección de equivalencia que se explica en la siguiente tabla.

Tabla 4.16 Corrección del Tránsito Promedio

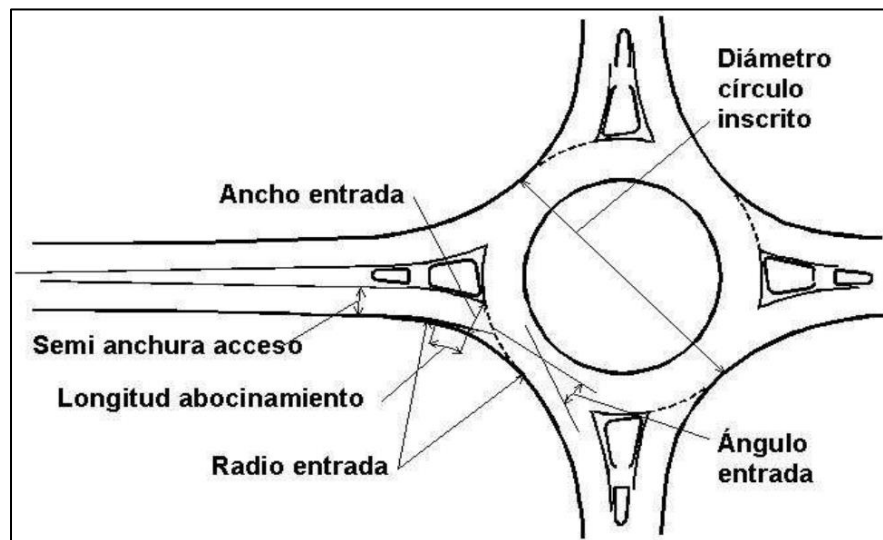
Tipo de Vehículo	Tránsito Promedio Diario (CA - 1 San Miguel)	Tránsito Promedio Diario (El Delirio - San Miguel)	Tránsito Promedio Diario (CA - 1 La Unión)	Transito Promedio Total por Vehículo	Factor de Corrección	Tránsito Promedio Diario Corregido
Motocicleta	1497	1218	527	3242	0.5	1621
Automóvil	4865	4202	1964	11031	1	11031
Pick Up	2395	2340	1076	5811	1	5811
Microbús	462	268	167	897	1	897
Bus	363	203	159	725	1.5	1088
C2	518	431	318	1267	1.5	1901
C3	41	19	26	86	1.5	129
C2-S1	103	2	15	120	1.5	180
C4	0	13	5	18	1.5	27
T2-S1	22	4	0	26	2	52
T2-S2	5	7	4	16	2	32
T2-S3	5	2	3	10	2	20
T3-S1	3	1	2	6	2	12
T3-S2	5	19	10	34	2	68
T3-S3	3	5	11	19	2	38
<b>Total</b>	<b>10287</b>	<b>8734</b>	<b>4287</b>	<b>23308</b>		<b>22906</b>
<b>Transito Promedio Horario</b>	<b>429</b>	<b>364</b>	<b>179</b>	<b>971</b>		<b>954</b>

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizada la corrección se obtiene un  $Q_c = 954$  vehículos ligeros equivalentes por hora y se puede proceder al cálculo de las variables que dependen de la geometría del redondel.

Es necesario aclarar que en condiciones normales se debería de obtener un valor de  $Q_c$  para cada hora del conteo sin embargo esta es una forma aproximada de obtenerla debido a la limitante de la obtención de los datos necesarios.

Figura 4.4 Variables que dependen de la Geometría



Fuente: Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante micro simulación de tráfico, Mariló Martín Gasulla.

#### 4.7.2 Cálculo de las Variables $K$ , $F$ Y $F_c$

Para poder determinar  $K$ ,  $F$  y  $f_c$  se deben utilizar las siguientes formulas:

$$k = 1 - 0.00347 \cdot (\phi - 30) - 0.978 \cdot \left(\frac{1}{r} - 0.05\right) \quad \text{Ecuación 4.8 - Valor de } K$$

$$F = 303 \cdot x_2$$

*Ecuación 4.9 - Valor de F*

$$f_c = 0.210 t_d \cdot (1 + 0.2 \cdot x_2)$$

*Ecuación 4.10 - Valor de  $f_c$*

$$t_d = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{\left(\frac{D-60}{10}\right)}}$$

*Ecuación 4.11 - Valor de  $T_d$*

$$x_2 = v + \frac{e - v}{1 + 2 \cdot S}$$

*Ecuación 4.12 - Valor de  $X_2$*

$$S = \frac{1.6 \cdot (e - v)}{l'}$$

*Ecuación 4.13 - Valor de S*

Donde:

E= Anchura de la entrada (m)

V= Mitad de la anchura de la vía de aproximación (m)

L'= Longitud media efectiva del abocinamiento de entrada (m)

S= Agudeza del abocinamiento (m/m)

D= Diámetro del círculo inscrito (m)

$\Phi$ = Ángulo de entrada (°)

R= Radio de la entrada (m)

A continuación, se muestran los valores geométricos antes descritos del Redondel

Monseñor Oscar Arnulfo Romero:

Tabla 4.17 Valores geométricos de cada una de las arterias

Valores Geométricos			
VARIABLES	CA-1 SAN MIGUEL	EL DELIRIO - SAN MIGUEL	CA-1 LA UNION
V(mt)	3.00	3.60	3.55
E(mt)	3.50	3.80	3.80
L'(mt)	9.60	26.20	30.25
D(mt)	76.40	76.40	76.40
Φ(°)	20.00	38.04	26.00
R(mt)	100.00	69.70	66.05

Fuente: Elaboración propia.

Luego de obtener los valores geométricos se procede a resolver las ecuaciones de la 4.8 a la 4.13 de la siguiente manera:

- **CA-1 SAN MIGUEL**

$$S = \frac{1.6(E-V)}{L'} = \frac{1.6(3.5-3)}{9.6} = 0.083$$

$$X_2 = V + \frac{E-V}{1+2S} = 3 + \frac{3.5-3}{1+2(0.083)} = 3.429$$

$$F = 303X_2 = 303(3.429) = 1049$$

$$t_d = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{-\frac{D-60}{10}}} = \frac{0.5}{1 + e^{-\frac{76.4-60}{10}}} = 1.081$$

$$f_c = 0.21(t_d)(1+0.2X_2) = 0.21(1.081)[1 + 0.2(3.429)] = 0.38$$

$$K = 1 - 0.000347(\Phi - 30) - 0.978\left(\frac{1}{R} - 0.05\right) = 1 - 0.000347(20-30) - 0.978\left(\frac{1}{100} - 0.05\right) = 1.08$$

De la misma manera se calculan los valores para el tramo El Delirio – San Miguel y la arteria CA-1 La Unión, los datos obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 4.18 Valores de K, F y  $f_c$  para todas las arterias

VARIABLES	Valores de K, F y $f_c$		
	CA-1 SAN MIGUEL	EL DELIRIO - SAN MIGUEL	CA-1 LA UNION
S	0.0830	0.0122	0.0132
X2	3.429	3.795	3.794
F	1049	1150	1150
td	1.081	1.081	1.081
$f_c$	0.380	0.399	0.400
K	1.080	1.007	1.048

Fuente: Elaboración propia.

### 4.7.3 Cálculo de la Capacidad de Entrada

Finalmente se procede a al cálculo de la capacidad de cada una de las arterias que convergen en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero.

#### 1. CA-1 San Miguel

$$Q_e = K(F - f_c Q_c) = 1.08[1049 - 0.38(954)]$$

$$Q_e = 741.40 \text{ veh/hora}$$

#### 2. El Delirio – San Miguel

$$Q_e = K(F - f_c Q_c) = 1.01[1150 - 0.399(954)]$$

$$Q_e = 777 \text{ veh/hora}$$

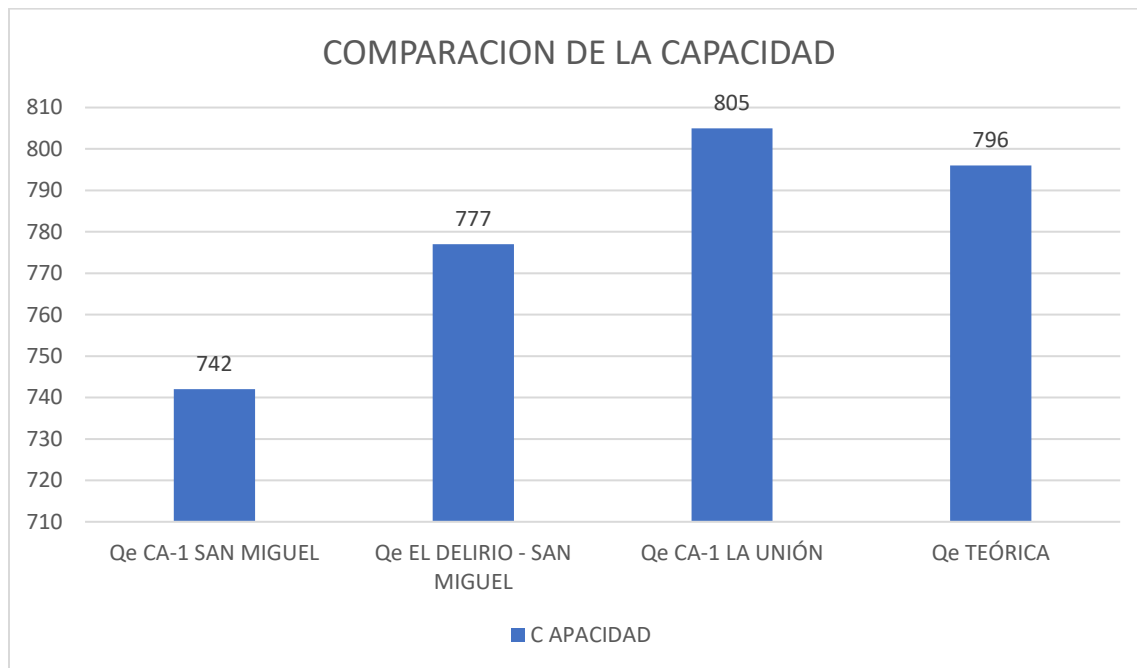
#### 3. CA-1 La Union

$$Q_e = K(F - f_c Q_c) = 1.048[1150 - 0.4(954)]$$

$$Q_e = 805 \text{ veh/hora}$$

Luego de obtener la Capacidad esperada de cada arteria que converge en el redondel se presenta el gráfico de comparación con la capacidad empírica.

Figura 4.5 Comparación de la Capacidad Esperada y la Capacidad Teórica.



Fuente: Elaboración Propia.

En la imagen 4.5 es apreciable que la diferencia entre la capacidad esperada y la capacidad empírica no es de gran significancia, lo que significa que aumenta la capacidad promedio a 775 vehículos por hora.



#### 4.8 NIVELES DE SERVICIO ESPERADOS.

En el capítulo 3 sección 3.12, se realizó el cálculo de los Niveles de Servicio de cada una de las arterias que convergen en el Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, en este apartado se utiliza el mismo procedimiento. Para calcular los Niveles de Servicio se toma la misma consideración que la geometría que influye en los niveles de servicio del redondel no cambiará con la propuesta de diseño, por lo tanto, se tomarán las mismas dimensiones.

Se estiman las siguientes condiciones:

- Los vehículos que entran a un redondel deben ceder el paso a los vehículos que están circulando dentro del redondel (glorieta).
- Los vehículos que circulan en el redondel no están sujetos a restricciones de ceder el paso. Sólo se acepta un número máximo de vehículos, que no sobrepasen la capacidad. La prioridad es alternada y distribuida por todos los vehículos.
- No está permitido estacionarse en el carril del redondel, ni está permitido que los peatones realicen actividades en la isla central del mismo.
- Todos los vehículos circulan en sentido contrario a las agujas de reloj y pasan por la derecha de la isla central.
- Las vías de acceso a los redondeles deben tener isletas (camellones), ya que son mecanismos seguros, tanto para separar el movimiento de tráfico en direcciones opuestas como para proveer refugio a los peatones (estos también son provistos de áreas que ceden el paso).

Para el análisis no se considera el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero como una intersección general. Por lo cual el cálculo se realizará de manera individual en sus 3 intersecciones, considerándolas como intersecciones tipo T.

#### 4.8.1 Datos Generales para Determinar Nivel de Servicio

- Volumen de tránsito en la hora pico (v, en vehículos por hora).

Tabla 4.19 Transito en hora Punta

Arteria y hora	Bicicleta	Moto	Auto	Pick up	Microbús	Bus	C2	C3	C2-S1	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3	TOTAL
CA-1 San Miguel 8:30-8:45 am	2	34	125	54	9	14	25	3	12	0	2	1	0	0	0	281
CA-1 La Unión 7:45-8:00 am	0	26	41	17	2	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	96
Carretera El Delirio-San Miguel 1:45-2:00 pm	1	37	87	83	8	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	229

Fuente: Elaboración propia.

- Factor de hora pico (FHP)
- Composición del tránsito (porcentaje de vehículos livianos, autobuses, camiones y vehículos recreativos).

Dependiendo del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en debida cuenta que los vehículos pesados, como camiones, autobuses y vehículos recreativos tipo campers, pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular, influenciando según su relevancia porcentual, en forma más o menos determinante, el diseño geométrico de las carreteras.

El efecto de un camión sobre las operaciones del tránsito es a menudo equivalente al de varios automóviles, siendo mayor la relación a medida que son mayores las pendientes y menores las distancias de visibilidad disponibles. En la categoría de vehículos pesados se sitúan los camiones con peso bruto total de 4 toneladas métricas o más y los vehículos que presentan llantas dobles en el eje trasero.

Los vehículos pesados serán la sumatoria de la clasificación C2, C3, C2-S1, C4, T2-S1, T2-S2, T2-S3, T3-S2 y T3-S3 y los buses serán la sumatoria de estos más los microbuses ya que las rutas de microbuses se contaron en esta clasificación, estos datos los sacaremos de la tabla anterior y haciendo la sumatoria respectiva.

- Tipo de terreno, conocido por observación o resultados del estudio preliminar. Para este caso el tipo de terreno es plano y no tiene restricciones de paso porque se trata de un sólo carril así que se considera como 0%
- Ancho de carriles (metros). Dimensiones de arterias.

Tabla 4.20 Ancho de cada arteria

<b>Arteria</b>	<b>Ancho</b>
<b>CA-1 San Miguel</b>	3.45
<b>CA-1 La Unión</b>	3.8
<b>Carretera El Delirio-San Miguel</b>	3.6

Fuente: Elaboración propia.

- Velocidad de diseño (kilómetros por hora)

La velocidad de diseño se toma como lo indica el HCM la velocidad de diseño para arterias urbanas es de 40km/m.

#### 4.8.2 Cálculo del Flujo de Servicio ( $S_{fi}$ ) de las Arterias

$$S_{fi} = 2800 \times (v/c) (fd)(fhv)$$

Ecuación 4.14 - Cálculo del flujo de servicio.

Dónde:

$S_{fi}$  = Volumen de servicio para el nivel de servicio seleccionado.

2800 = Flujo de tránsito ideal en ambos sentidos, en vehículos por hora.

$v/c$  = Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio.

$fd$  = Factor de distribución direccional del tránsito.

$fhv$  = Factor de vehículos pesados.

- 1. Calcular el factor de vehículos pesados,  $fhv$ , para cada nivel de servicio, de la siguiente formula:**

$$F_{hv} = \frac{1}{1 + PT (ET - 1) + PB (EB - 1) + PR (ER - 1)}$$

Ecuación 4.15 - Cálculo del factor de vehículos pesados

Para calcular el porcentaje de vehículos pesados se utiliza una regla de tres:

- CA-1 LA UNIÓN

% de vehículos pesados

$$\frac{96 \text{ veh}}{7 \text{ veh}} = \frac{100 \%}{\%}$$

$$\% = \frac{(43 \text{ veh}) 100 \%}{281 \text{ veh}}$$

$$\% = 15.30 \%$$

Se sigue el mismo procedimiento para el cálculo de % de buses y para cada arteria, el resultado se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4.21 Porcentaje de Vehículos Pesados y de Buses

Arteria	Vol. Total	Vol. De pesados	Vol. De buses	% de pesados	% buses
CA-1 San Miguel	281	43	23	15.3	8.18
CA-1 La Unión	96	7	5	7.29	5.21
Carretera El Delirio-San Miguel	229	8	13	3.49	5.68

Fuente: Elaboración propia.

Las equivalencias en automóviles para Camiones Pesados (ET), para autobuses (EB) y vehículos recreacionales (ER), afectadas por el alineamiento horizontal, son tomadas de las tablas del Manual de Capacidades. Los factores PT, PB y PR corresponden a la fracción decimal de la proporción de camiones, autobuses y vehículos recreacionales en el volumen de tránsito total, dichos factores se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.22 Factor de vehículos pesados para tipos de terreno

Tipo de vehículo	NS	Tipo de terreno		
		Plano	Ondulado	Montañoso
Camiones, Et	A	2.0	4.0	7.0
	B-C	2.2	5.0	10.0
	D-E	2.0	5.0	12.0
Buses, Eb	A	1.8	3.0	5.7
	B-C	2.0	3.4	6.0
	D-E	1.6	2.9	6.5

Fuente: Highway Capacity Manual 2000

A continuación, se procede a calcular el Factor de Vehículos Pesados para cada arteria utilizando los diversos Niveles de Servicio conocidos, como base se utilizan los datos de arteria CA-1 La Unión.

- Se encuentran los porcentajes de los vehículos pesados.

Porcentaje de Pesados (PT) = 7.29 %

Porcentaje de Buses (PB) = 5.21 %

Porcentaje de vehículos Recreacionales (PR) = 0%

- Se determina el Nivel de Servicio que se utilizará para el análisis.

Nivel de servicio (NS) = A

- Se consideran las equivalencias vehiculares planteadas en la tabla 4.22 según el tipo de vehículos y el tipo de terreno.

Equivalencia de Pesados (ET) = 2.0

Equivalencia de Buses (EB) = 1.8

Equivalencia de Recreacionales (ER) = 0

Utilizando la ecuación se obtiene:

$$F_{hv} = \frac{1}{1 + 0.0729(2 - 1) + 0.0521(1.8 - 1)} = 0.90$$

Se efectúa el mismo procedimiento para los otros niveles de servicio y para las otras arterias en estudio. A continuación, se presenta el resumen del Factor de Vehículos pesados para las arterias que convergen con la intersección, considerando los diversos Niveles de Servicio.

Tabla 4.23 Consideración de los diferentes niveles de servicio.

Arteria	Nivel de servicio	F <sub>hv</sub>
CA-1 San Miguel	A	0.82
	B-C	0.79
	D-E	0.83
CA-1 La Unión	A	0.90
	B-C	0.88
	D-E	0.91
Carretera El Delirio-San Miguel	A	0.93
	B-C	0.91
	D-E	0.93

Fuente: Elaboración propia.

**2. Calcular los volúmenes del flujo de servicio para cada nivel, utilizando la fórmula siguiente.**

Se utilizan como base los datos para la arteria CA-1 La Unión.

- a. Se determina el Nivel de Servicio que se utilizara para el análisis.

Nivel de servicio (NS) = A

- b. Se encuentra (V/C).

Como se mencionó anteriormente en la intersección el tipo de terreno es plano con una restricción del 0%, se utilizan los datos de la tabla 4.24; además de ello se analizan los datos utilizando los diversos niveles de servicio.

Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio (V/C) = 0.15

Tabla 4.24 Restricción de paso según el tipo de Terreno

Nivel de Servicio (NS)	Terreno plano					Terreno ondulado					Terreno montañoso							
	Restricción de paso %					Restricción de paso %					Restricción de paso %							
<b>A</b>	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.1	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
<b>B</b>	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.2	0.16	0.13	0.12	0.1
<b>C</b>	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.3	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.2	0.16
<b>D</b>	0.64	0.62	0.6	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.5	0.45	0.4	0.37	0.33
<b>E</b>	1	1	1	1	1	1	0.97	0.94	0.92	0.91	0.9	0.9	0.91	0.87	0.84	0.82	0.8	0.78

Fuente: Highway Capacity Manual 1994, table 8.1, página 283.

- c. Se encuentra el factor direccional (Fd).

Para encontrar el Factor direccional se utilizan los datos de la tabla y como se mencionó anteriormente se considera un factor de 100/0 ya que solo hay una calle y no tiene división de flujo, de la tabla 4.25 el factor será 0.71

Tabla 4.25 Factores de Ajuste por Distribución Direccional del Tránsito en Carreteras de dos carriles.

Separación Direccional (%,%)	Factor
<b>50/50</b>	<b>1</b>
<b>60/40</b>	<b>0.94</b>
<b>70/30</b>	<b>0.89</b>
<b>80/20</b>	<b>0.83</b>
<b>90/10</b>	<b>0.75</b>
<b>100/0</b>	<b>0.71</b>

Fuente: Highway Capacity Manual 1994

- d. Se considera el factor de vehículos pesados ( $F_{hv}$ ).

El dato a utilizar se encuentra en la tabla 3.46, calculado anteriormente. Factor de vehículos pesados para nivel A ( $F_{hv}$ ) = 0.82

- e. Se calcula el flujo de servicio ( $S_{fi}$ ) utilizando todos los datos antes planteados.

$$S_{fi} = 2800 \times (v/c) (fd)(fhv)$$

$$S_{fi} = 2800 \times 0.15 \times 0.71 \times 0.82$$

$$S_{fi} = 245$$

Se efectúa el mismo procedimiento.

Tabla 4.26 Flujo de Servicio para cada arteria que converge en el redondel

Arteria	Nivel de Servicio	S <sub>fi</sub>
<b>CA-1 San Miguel</b>	A	245
	B	424
	C	676
	D	1056
	E	1650
<b>CA-1 La Unión</b>	A	269
	B	473
	C	753
	D	1158
	E	1809
<b>Carretera El Delirio-San Miguel</b>	A	278
	B	489
	C	778
	D	1184
	E	1849

Fuente: Elaboración propia.



### 4.8.3 Convertir el Flujo de la Demanda Horaria (V, En Vph) en Flujo Equivalente

$$V = v/FHP$$

*Ecuación 4.16 – Flujo equivalente.*

Para ello se tomará como base los datos de la CA-1 San Miguel.

- a. Se utiliza el volumen máximo de la demanda horaria.

Según la tabla de volumen de hora pico el valor correspondiente a

CA-1 San Miguel = 1086 veh.

- b. Se convierte la demanda horaria en flujo equivalente con el valor de Fhp más desfavorable del nivel de servicio E.

Como se ha calculado en el capítulo 3 sección 3.9.9 “ Intensidad horaria de cada arteria”, el factor de hora pico para cada arteria será:

CA-1 San Miguel = 0.9662

CA-1 La Unión = 0.95

Carretera El Delirio-San Miguel = 0.9677

$V = 1086 / 0.9662 = 1124$  veh.

- c. Comparar V con el volumen calculado en SFI para determinar el nivel de servicio. Según el dato encontrado se determina la disponibilidad del nivel de servicio que tiene la arteria.

$\% \text{ disponible} = ((1650 - 1124)/1650) * 100 = 32\% \quad \text{NS} \quad \text{E}$

Tabla 4.27 Nivel de Servicio de cada arteria.

Arteria	V	V/Fhp	NS Comparado	Disponibilidad (%)	NS
CA-1 San Miguel	1086	1124	1650	32	E
CA-1 La Unión	364	384	473	19	B
Carretera El Delirio-San Miguel	898	928	1184	22	D

Fuente: Elaboración propia

Dado que el cálculo realizado de los niveles de servicio depende principalmente de las condiciones de vía y de la Intensidad máxima horaria y también dado que el cálculo de los niveles de servicio se realizó para las entradas al redondel y no para el flujo de la calzada anular, se refleja un cambio sólo para el nivel de servicio de la entrada CA-1 La Unión, pasando de D a B como se indica en la tabla 4.27

## 4.9 OTRAS PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO.

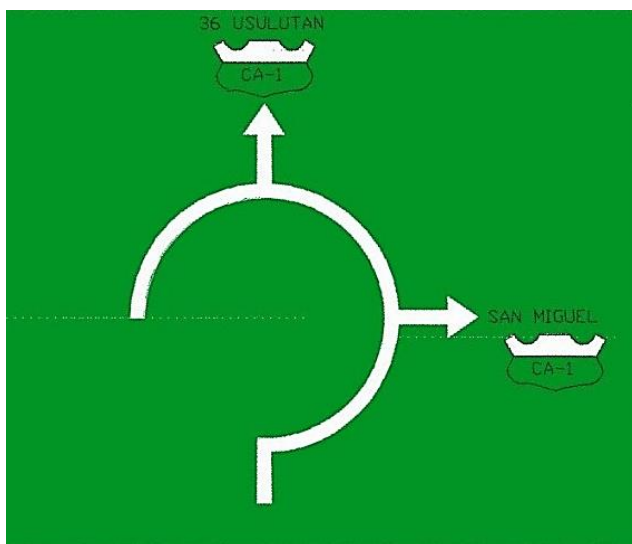
### 4.9.1 Mejoras De Señalización

La buena señalización en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, es un factor clave para la mejora del tráfico, facilitando a los conductores y peatones la movilidad y accesibilidad. Es por esta razón que se presenta una propuesta de señalización.

#### 1. Cartel de pre-señalización

Cuando nos aproximamos a una rotonda, esta debe ser anunciada por un cartel lateral de preaviso que contendrá un croquis con la planta de la rotonda sobre el que se indicarán los principales destinos de cada una de las salidas existentes. Puede darse el caso de que no haya espacio suficiente para disponer este cartel (por la presencia de muros, desmontes, etc.), en estos casos está justificado el empleo de banderolas, de manera que el cartel quede sobre la calzada. El diseño de este cartel debe ser tal que sus dimensiones sean las mínimas posibles.

Figura 4.6 Cartel de Pre – Señalización Anexo 8



Fuente: Elaboración propia.

## 2. Señales previas a la Rotonda.

La presencia de una glorieta debe ser advertida con suficiente antelación en todos sus accesos. Para ello se utiliza la señal vertical triangular **P-4** colocada aproximadamente a 200 metros de la marca vial de “ceda el paso”. En poblado, y como es lógico, esta distancia será menor.

La velocidad de aproximación a la señalización de “ceda el paso” en la entrada a una rotonda no podrá ser superior a 40 km/h. La señal empleada para limitar la velocidad de circulación es la **R-301**.

Figura 4.7 Señales previas a la Rotonda Anexo 8



Fuente: Elaboración Propia.

## 3. Señalización de Entradas.

La obligación de ceder el paso a los vehículos que circulan por la calzada anular se señalará con la señal de “ceda el paso” (**R-1**), además de la correspondiente marca vial.

Figura 4.8 Señal de Entrada a la Rotonda Anexo 8.

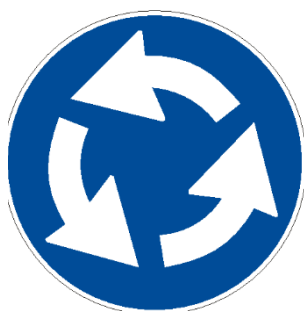


Fuente: Elaboración Propia

#### 4. Señalización de la Calzada Anular.

Frente a cada una de las entradas se colocará una señal **R-402** en la isleta central. Y muy importante, **no se utilizarán paneles direccionales** para indicar el sentido de circulación de una rotonda.

Figura 4.9 Señal de la Calzada Anular Anexo 8.

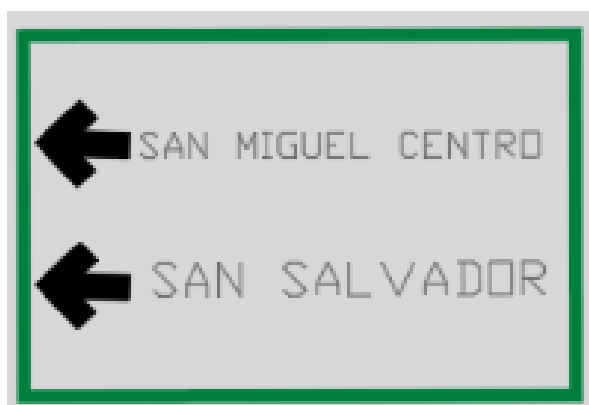


Fuente: Elaboración Propia.

#### 5. Señalización de las Salidas

En las isletas perimetrales de cada salida, se colocarán carteles flecha indicando los principales destinos a los que se accede tomando dicha salida. Estos carteles flecha se situarán a una altura de 2,20 metros (excepcionalmente 1,70 metros en el caso de que haya varios carteles apilados).

Figura 4.10 Señal de salida de la Rotonda Anexo 8.



Fuente: Elaboración Propia.

## 6. Señalamiento horizontal

- Líneas del paso peatonal

La demarcación de un paso peatonal de seguridad en un redondel, debe corresponder al señalamiento tipo cebra, las líneas longitudinales deben ser continuas de color blanco y tener un ancho mínimo de 30 cm y máximo de 60 cm. Entre cada línea o banda longitudinal se debe mantener una separación máxima de 60 cm, con un mínimo de 30cm. Estas no se deben colocar en la calzada circular, sino que en las arterias que convergen en la intersección.

Figura 4.11 Líneas de paso Peatonal Anexo 8.



Fuente: Elaboración Propia.

- Líneas de alto

Las líneas de ALTO o de parada son líneas blancas continuas, normalmente de 30 a 60 cm de ancho, extendiéndose a través de todos los carriles de aproximación a la intersección.

Esta línea indica el punto en el cual se requiere que los vehículos se detengan para ceder el paso o para cumplir con lo indicado por una señal de ALTO.

Figura 4.12 Líneas de Alto.

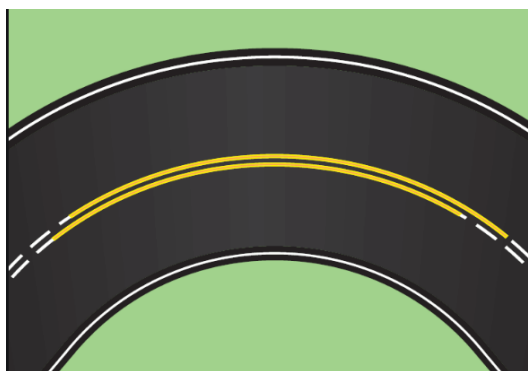


Fuente: Elaboración Propia.

- Líneas de Centro.

Líneas de centro, líneas de borde de pavimento y líneas de carril; deben estar lo suficiente visible para lograr una buena funcionalidad en el redondel.

Figura 4.13 Líneas de Centro Anexo 8.



Fuente: Elaboración Propia.

#### ***4.9.2 Mejoras de la Visibilidad***

La visibilidad se considera con una altura de los ojos del conductor de 1,05 m. Las señales, el mobiliario vial y las plantaciones no deben obstruir la visibilidad; aunque objetos aislados y alargados, como báculos de alumbrado, soportes de señales o pilas de viaductos no constituyen obstrucción siempre que tengan menos de 500mm de anchura.

Los puntos donde se debe hacer énfasis para mejorar la visibilidad en la intersección son los siguientes:

### **1. Visibilidad Hacia la Izquierda**

En cualquier carril de entrada, desde la marca de “ceda el paso”, no inferior a la distancia necesaria para la detención a partir de la velocidad de recorrido del acceso, deberá de mantenerse despejada una zona de visibilidad tangente a una circunferencia concéntrica con el borde exterior de la calzada anular, se deben eliminar todos los obstáculos que impidan la visibilidad en este punto.

### **2. Visibilidad Hacia los Pasos de Peatones.**

En los accesos donde hay paso de peatones, deberá ser visible desde una distancia no inferior a la necesaria para detenerse desde su velocidad de recorrido.

En cualquier carril de entrada, desde la marca de “ceda el paso” deberá verse todo el paso para peatones desde la siguiente salida.

### **3. Visibilidad en la Rotonda.**

Desde cualquier punto situado en la calzada anular a 2 m de la isleta central, debe verse toda esa calzada hasta la siguiente salida, o una distancia mínima de 50 m (medida por su eje).

### **4. Recomendaciones para Mejorar la Visibilidad en la Intersección**

Se recomienda evitar en la medida posible la instalación de vallas publicitarias en el área, que obstaculicen la visibilidad de los conductores. Es importante también que las plantas y árboles dentro de la rotonda no interfieran; por lo tanto, se debe considerar el crecimiento esperado de especies específicas de plantas y árboles incluidas en un plan de diseño. Además, el césped, los árboles y los arbustos deben segarse y podarse con regularidad para evitar la obstrucción de los triángulos de visión y para mantener la estética de la rotonda.



Otra de las recomendaciones es, no permitir la utilización de la glorieta para uso recreativo en épocas festivas (navidad) ya que esto afecta de forma directa en la visibilidad y distracción de los usuarios, generando así tráfico. Se debe considerar mejorar la iluminación en la intersección, para facilitar la circulación en horarios nocturnos a los usuarios.

#### **4.9.3 Mejoras a La Capa de Rodadura**

Los deterioros de pavimentos son una serie de manifestaciones superficiales de la capa de rodadura, haciendo que la circulación vehicular sea menos segura, confortable y que los costos de operación sean mayores. Cuando se producen daños que se manifiestan superficialmente en forma de pérdida de geometría, deterioro en el rodado u otros, deben analizarse cuidadosamente las causas de falla que los originan.

Los deterioros se dividen en deterioros de juntas, grietas y deterioros superficiales. A continuación, se presentan los tipos de fallas que se han podido evaluar en el área de estudio, como se producen y cuáles son los posibles cursos de acción para repararlas y de esta forma ayudar en el flujo vehicular del Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero.

##### **1. Deterioro de Juntas**

###### **a. Despostillamiento**

##### **Descripción:**

Desintegración de las aristas de una junta, longitudinal o transversal o una grieta, con pérdida de trozos y que puede afectar hasta unos 500 mm dentro de la losa.

##### **Causas posibles:**

- Debilitamiento de los bordes de la junta debido a un acabado excesivo u otro defecto de construcción.

- Penetración de partículas incompresibles dentro de la caja de una junta o dentro de una grieta activa.

### **Reparación:**

- Severidad baja: reparar el sello, Sellado de juntas y Grietas.
- Severidad media y alta: reparar mediante el procedimiento denominado reparación de espesor parcial, Reparación de Espesor Parcial.

Figura 4.14 Despostillamiento de Junta.



Fuente: Elaboración Propia.

#### b. Deficiencia del sellado

### **Descripción:**

- Deterioro del sello de las juntas que permite la incrustación de materiales incompresibles (piedras, arenas, etc.) y/o la infiltración de una cantidad considerable de agua superficial.
- Se considera como deterioro del sello cualquiera de los siguientes defectos:  
endurecimiento, despegado de una o ambas paredes, fluencia fuera de la caja, carencia total, incrustación de materias ajenas y crecimiento de vegetación.

**Causas posibles:**

- Endurecimiento: producto de mala calidad, envejecimiento
- Despegado de las paredes de la junta: producto de mala calidad, sellado mal colocado, caja mal diseñada.
- Fluencia fuera de la caja: exceso de sello, producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.
- Carencia: producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente
- Incrustaciones de materias incompresibles: bermas no pavimentadas, vehículos que dejan caer materiales.

**Reparación:**

- Verificar que la caja disponga de un ancho compatible con la elongación admisible del producto de sellado por utilizar y los movimientos que experimentan las losas
- Retirar todo vestigio del antiguo sello, limpiar cuidadosamente la caja, imprimir con el material adecuado, cuando corresponda, colocar cordón de respaldo y vaciar la cantidad exacta de sellante

Figura 4.15 Deficiencias del sellado.



Fuente: Elaboración Propia.

## 2. Grietas

### a. Grietas de esquina

#### **Descripción:**

Grieta que origina un trozo de losa de forma triangular, al interceptar las juntas transversal y longitudinal y que forma un ángulo de aproximadamente 50 grados con la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo varía entre 300 mm y la mitad del ancho de la losa.

#### **Causas posibles:**

- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base o alabeo térmico.
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiente transmisión de cargas entre las juntas.

#### **Reparación:**

- Para severidad baja, sellar, sellado de Juntas y Grietas.
- Para severidades media y alta, reparar en todo el espesor una franja de pavimento del ancho de la losa y de una longitud mínima igual a la distancia entre la junta y la intersección de la grieta con el borde externo; reparación en todo el espesor, según corresponda.

### b. Grietas longitudinales

#### **Descripción:**

Grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección con el borde se produce a una distancia mucho mayor que la mitad del ancho de la losa.

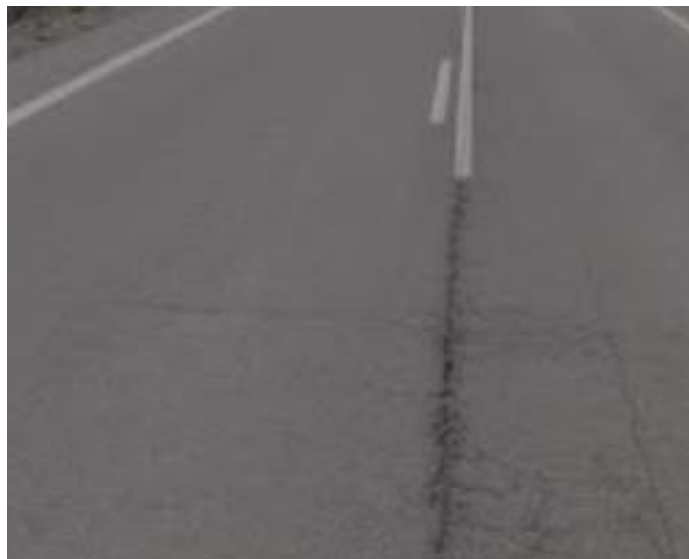
**Causas posibles:**

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
- Losa de ancho excesivo.
- Carencia de una junta longitudinal.
- Aserrado tardío de la junta.

**Reparación:**

- Para los casos de niveles de severidad baja y media, realizar sellado de juntas y grietas.

Figura 4.16 Grietas Longitudinales.



Fuente: Elaboración Propia.

## c. Grietas transversales

**Descripción:**

Grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada. También pueden extenderse desde una junta transversal hasta el borde del pavimento, siempre que la intersección con la junta esté a una distancia del borde mayor que la mitad del ancho de la losa y la intersección con el borde se encuentre a una distancia inferior que la mitad del ancho de la losa.

**Causas posibles:**

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
- Losa de ancho excesivo.
- Carencia de una junta longitudinal.
- Mal posicionamiento de las barras de traspaso de cargas.
- Aserrado tardío de la junta.

**Reparación:**

- Para niveles de severidad baja y media sellado de juntas y grietas.
- Para nivel de severidad alta, reparación en todo el espesor del tramo dañado.

Figura 4.17 Grietas transversales.



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.10 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SITUACIÓN ACTUAL CON LA PROPUESTA DE DISEÑO.

A partir del estudio de la Situación Actual del Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero y de la elaboración de una propuesta de diseño se pueden realizar algunas comparaciones a manera de resumen y también para comprender los resultados y las mejoras estimadas.

##### *4.10.1 Análisis Comparativo del TPDA y el TPDA Esperado.*

Como anteriormente se mencionó, con la propuesta de diseño se afectaría directamente el flujo vehicular de la entrada CA-1 La Unión y de la Calzada Anular del Redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero, lo que podría generar un impacto indirecto ya sea positivo o negativo en las entradas El Delirio – San Miguel y CA-1 San Miguel, sin embargo, dicho impacto indirecto no se puede estudiar de manera previa, sería necesario realizar un nuevo conteo manual.

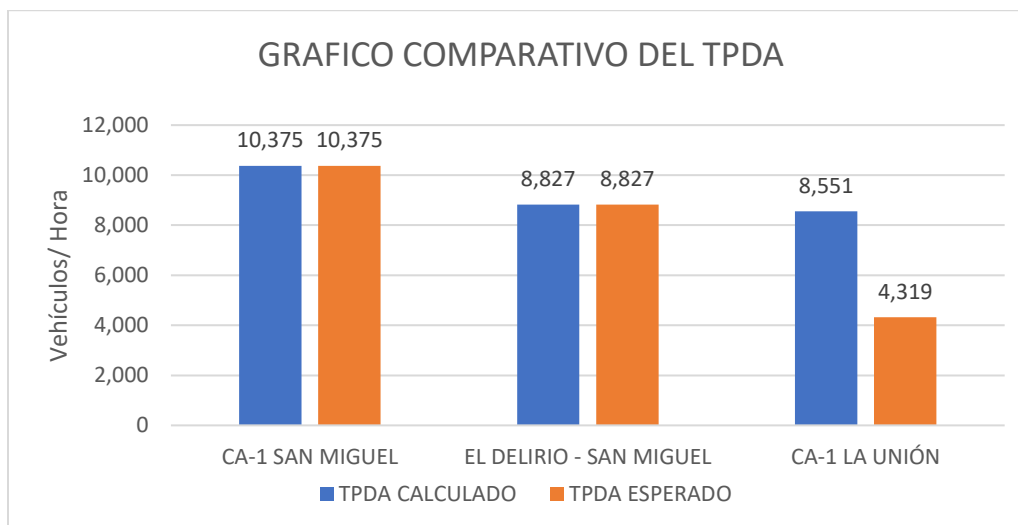
El criterio de afectación que se eligió es el mencionado en el Manual Centroamericano de Diseño Geométrico de Carreteras que dicta que en una carretera de carriles múltiples, es frecuente encontrar que la carga del tránsito en el sentido predominante durante la hora pico alcanza hasta el 60 por ciento de vehículos, dejando un 40 por ciento a la corriente de sentido menos habitual, por lo tanto, la utilización de un 50 o 60 por ciento como factor promedio de distribución direccional parece razonable. A falta de elementos de juicio para decidir cuál sería el sentido predominante se eligió el factor de 50 por ciento como factor de distribución direccional. Dado lo anterior se ha reflejado una disminución del 49.5% en el TPDA esperado de la arteria CA-1 La Unión como se muestra a continuación:

Tabla 4.28 Comparación entre el TPDA Calculado y el TPDA Esperado

VEHICULO	TPDA CALCULADO			TPDA ESPERADO		
	CA-1 SAN MIGUEL	EL DELIRIO - SAN MIGUEL	CA-1 LA UNIÓN	CA-1 SAN MIGUEL	EL DELIRIO - SAN MIGUEL	CA-1 LA UNIÓN
BICICLETA	89	93	56	89	93	32
MOTOCICLETA	1,497	1,218	1,046	1,497	1,218	527
AUTOMOVIL	4,865	4,202	3,918	4,865	4,202	1964
PICK UP	2,395	2,340	2,145	2,395	2,340	1076
MICROBUS	462	268	328	462	268	167
BUS	363	203	309	363	203	159
C2	518	431	630	518	431	318
C3	41	19	48	41	19	26
C2-S1	103	2	23	103	2	15
C4	0	13	5	0	13	5
T2-S1	22	4	0	22	4	0
T2-S2	5	7	6	5	7	4
T2-S3	5	2	2	5	2	3
T3-S1	3	1	1	3	1	2
T3-S2	5	19	15	5	19	10
T3-S3	3	5	19	3	5	11
<b>TOTAL</b>	<b>10,375</b>	<b>8827</b>	<b>8,551</b>	<b>10,375</b>	<b>8827</b>	<b>4319</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.18 Gráfico Comparativo del TPDA



Fuente: Elaboración Propia.



#### 4.10.2 Análisis Comparativo de la Intensidad Horaria Calculada y la Intensidad Horaria

##### Esperada

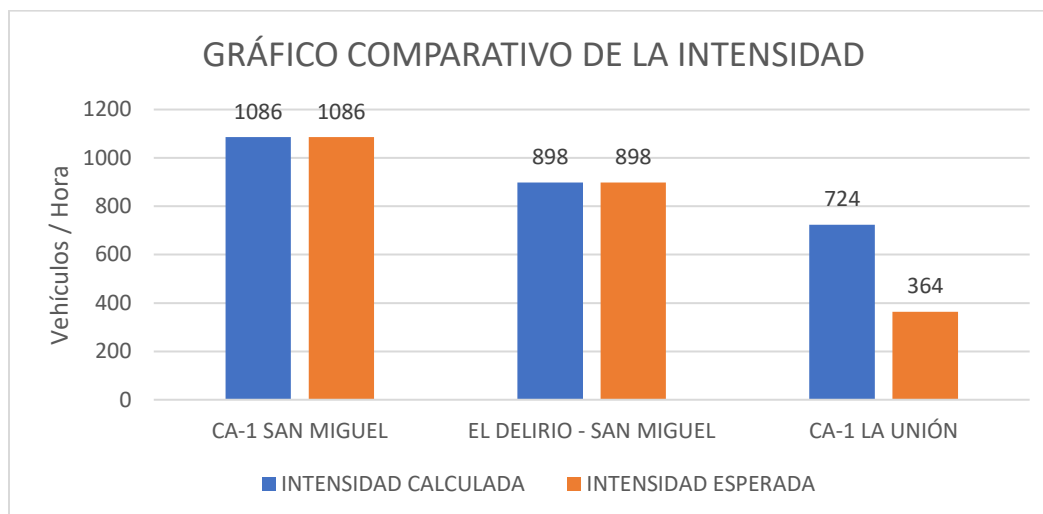
Como en el caso del TPDA, en la intensidad horaria se han utilizado los mismos principios de distribución direccional, por lo cual, también se han obtenido cambios solamente en la intensidad horaria de la entrada CA-1 La Unión la cual ha disminuido en aproximadamente un 49.7% como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 4.29 Comparación entre Intensidad calculada y la Intensidad Esperada CA-1.

TIPO DE VEHÍCULO	INTENSIDAD CALCULADA			INTENSIDAD ESPERADA		
	CA-1 SAN MIGUEL	EL DELIRIO - SAN MIGUEL	CA-1 LA UNIÓN	CA-1 SAN MIGUEL	EL DELIRIO - SAN MIGUEL	CA-1 LA UNIÓN
<b>BICICLETA</b>	4	11	4	4	11	2
<b>MOTO</b>	132	145	170	132	145	85
<b>AUTOMOVIL</b>	468	350	311	468	350	156
<b>PICK UP</b>	252	310	137	252	310	69
<b>MICROBUS</b>	36	20	17	36	20	9
<b>BUS</b>	48	17	28	48	17	14
<b>C2</b>	80	41	49	80	41	25
<b>C3</b>	12	0	4	12	0	2
<b>C2-S1</b>	42	0	0	42	0	0
<b>C4</b>	0	4	0	0	4	0
<b>T2-S1</b>	10	0	0	10	0	0
<b>T2-S2</b>	2	0	0	2	0	0
<b>T2-S3</b>	0	0	0	0	0	0
<b>T3-S1</b>	0	0	0	0	0	0
<b>T3-S2</b>	0	0	2	0	0	1
<b>T3-S3</b>	0	0	2	0	0	1
<b>TOTAL</b>	1086	898	<u>724</u>	1086	898	<u>364</u>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.19 Gráfico comparativo de la Intensidad



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.10.3 Análisis Comparativo de la Capacidad Actual y la Capacidad Esperada

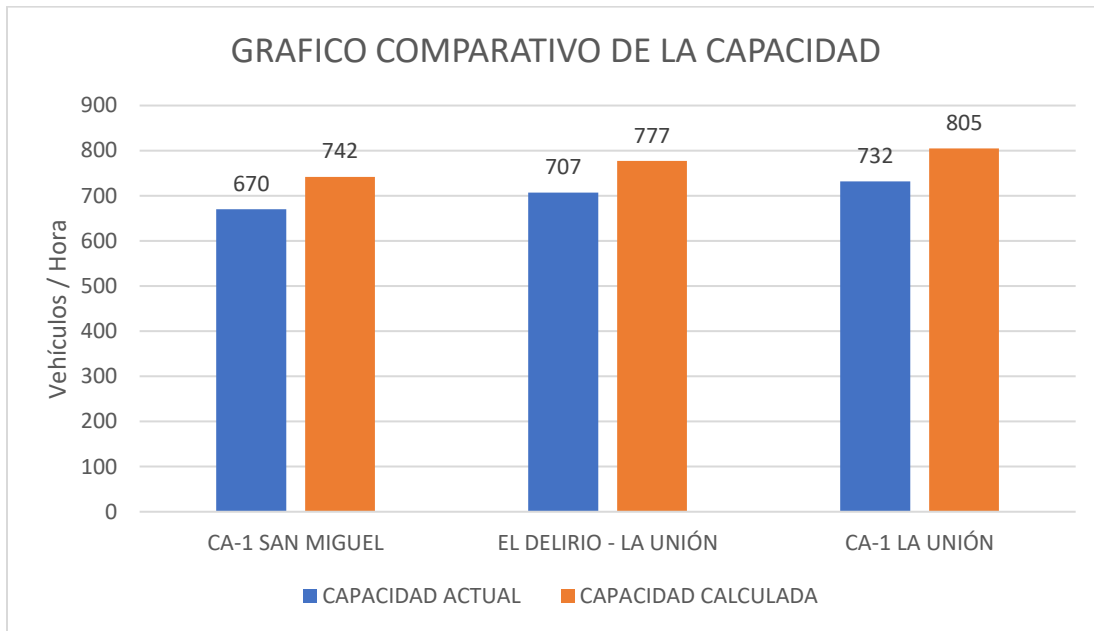
La propuesta de diseño realizada afecta directamente el flujo vehicular de la arteria CA-1 La Unión e indirectamente las demás arterias debido a que para el cálculo de la misma se toma en cuenta el flujo de la calzada anular  $Q_c$  que a su vez depende del flujo proveniente de todas las arterias que convergen en el Redondel, es decir que, si el flujo de una de las arterias convergentes aumenta, el flujo de la calzada anular aumentará y viceversa. Se ha realizado la comparativa de la capacidad actual y la capacidad esperada, como se presenta a continuación:

Tabla 4.30 Cuadro comparativo de la Capacidad Actual y la Capacidad Esperada.

TRAMO	CAPACIDAD ACTUAL	CAPACIDAD ESPERADA
CA-1 SAN MIGUEL	670 VEH/HORA	741.4 VEH/HORS
EL DELIRIO - SAN MIGUEL	707 VEH/HORA	777 VEH/HORA
CA-1 LA UNION	732 VEH/HORA	805 VEH/HORA

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4.20 Gráfico comparativo de la Capacidad.



Fuente: Elaboración Propia.

En la imagen se puede observar que al realizar el reajuste de tránsito anteriormente descrito en el apartado 4.4, la capacidad mejora en un 10% para la arteria CA-1 La Unión afectada directamente, e indirectamente a las demás arterias debido a que si la densidad vehicular disminuye en la calzada anular, disminuye el tiempo con el cual los vehículos podrán incorporarse a la intersección, dejando así una mejora del 9% para las arterias El Delirio-San Miguel y CA-1 San Miguel.

#### ***4.10.4 Análisis Comparativo de los Niveles de Servicio Actuales y los Niveles de Servicio Esperados***

Se conoce que los niveles de servicio dependen de varios factores, sin embargo, para este estudio se han calculado directamente proporcionales a la Intensidad Máxima horaria y se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 4.31 Cuadro Comparativo de los Niveles de Servicio Actuales y los Esperados.

<b>Arteria</b>	<b>NS ACTUAL</b>	<b>NS ESPERADO</b>
<b>CA-1 San Miguel</b>	E	E
<b>CA-1 La Unión</b>	<u>D</u>	<u>B</u>
<b>Carretera El Delirio-San Miguel</b>	D	D

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados anteriores se puede deducir que debido a que la Intensidad Horaria ha variado únicamente para la arteria CA-1 La Unión (afectada directamente con la propuesta de diseño) y a que el cálculo de los niveles de servicio es directamente proporcional a dicha intensidad, se ha obtenido un cambio del nivel de servicio solamente en la arteria CA-1 La Unión, también podría ocurrir una afectación indirecta en los Niveles de Servicio de las Arterias CA-1 San Miguel y El Delirio San Miguel, sin embargo no se puede concluir al respecto porque esto requiere de un nuevo Conteo Vehicular.

Según el HCM de 1994 (bibliografía utilizada) en un nivel de servicio B la velocidad y libertad de maniobra se ven reducidas únicamente cuando hay acumulación de grupos de vehículos, esto conduce a pequeñas demoras en algunos tramos y formación de colas poco consistentes.

#### 4.11 CONSIDERACIONES DE MEJORAS A CORTO PLAZO.

Debido a las crecientes mejoras de las vías de comunicación terrestres de nuestro país impulsadas por el gobierno central es necesario considerar en este numeral las que podrían generar un impacto positivo en el tráfico de la ciudad de San Miguel y particularmente en el área de estudio del presente documento.

##### 4.11.1 Desviación del Transporte Pesado al Periférico Gerardo Barrios

El transporte pesado o de carga tiene una influencia significativa en la movilidad y el tráfico vehicular de una ciudad. Estos al estar regulados por velocidades máximas; y necesitar mayores espacios para realizar sus respectivos giros contribuyen a los congestionamientos.

Es por esta razón que se propone sacar de circulación de las vías de la ciudad de San Miguel los automotores: C3, C2-S1, C4, T2-S1, T2-S2, T2-S3, T3-S1, T3-S2, T3-S3, los cuales representan el 4.97% de los vehículos que recibe la intersección diariamente. Se Puede observar en la tabla con mayor detalle.

Tabla 4.32 Porcentaje aproximado de transporte pesado que será desviado

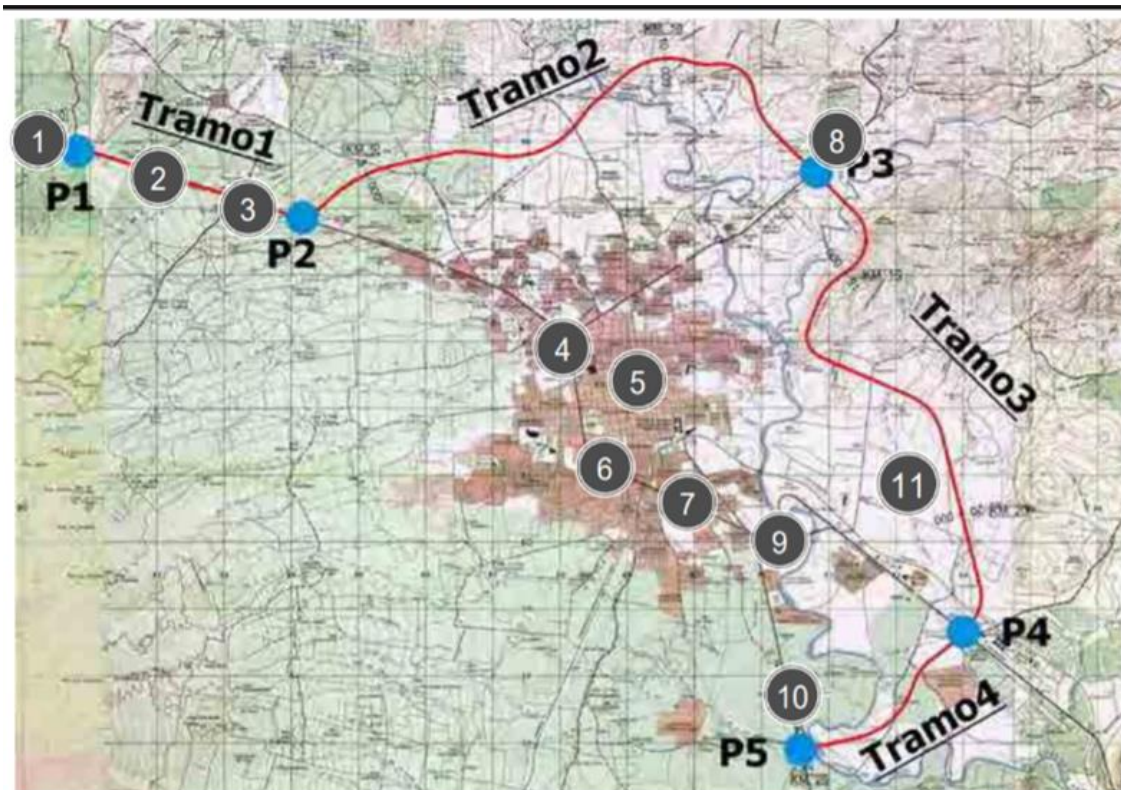
Arterias	TPDA Transporte pesado	% respecto a todas las intersecciones
CA-1 San Miguel	290 veh/h	2.79
CA-1 La Unión	119 veh/h	1.34
Carretera El Delirio- San Miguel	72 veh/h	0.84
<b>TOTAL</b>	<b>481 veh/h</b>	<b>4.97</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Al conectar el periférico Gerardo Barrios, no se afectará a los propietarios o usuarios de transporte de carga.

Es importante mencionar que una gran parte de los automotores de transporte personal de pasajeros se desviarán al periférico de manera voluntaria, contribuyendo a la disminución de la densidad vehicular en la intersección, pero al ser un dato no certero por no tener un estudio que lo respalde no se puede representar en un porcentaje.

Figura 4.21 Posible trayecto del Periférico Gerardo Barrios.



Fuente: Estudio Preparatorio para la Construcción de Carreteras Troncales en El Salvador.

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## 5.1 CONCLUSIONES

Según el TPDA y realizando una comparación entre la capacidad y la demanda actual, a la intersección aún le queda un aproximado del 50% de su capacidad máxima para funcionar en buenas condiciones.

Realizando una comparación entre la capacidad y la demanda en horas pico (intensidad máxima), la arteria CA-1 San Miguel sobrepasa la capacidad máxima en un 40% en la hora de las (8:00- 9:00) AM, la arteria CA-1 La Unión refleja una igualdad entre la capacidad y la demanda en la hora de las (7:00-8:00) AM y la arteria El Delirio- San Miguel, la demanda supera la capacidad en un 23% en la hora de las (1:00-2:00) PM.

Ya que la capacidad depende de las condiciones geométricas de las arterias y al ser las de la CA-1 San Miguel y El delirio- San Miguel las más desfavorables no se puede afirmar que sean estas las más afectadas en la movilidad y accesibilidad del flujo vehicular

La movilidad y accesibilidad de la intersección no dependen únicamente de la capacidad, sino que también de factores como: Longitud de cola, tiempos de espera y la distancia de visibilidad para incorporarse a la calzada anular. Estos factores se han visto afectados en la arteria CA-1 La Unión, presentando longitudes de cola hasta de 1km, con tiempos de espera con un promedio de 14 segundos y según la geometría actual esta arteria es la más desfavorable en aspectos de visibilidad.

La poca señalización en la intersección afecta la capacidad receptora y comprensiva de los usuarios, generando así congestionamientos vehiculares en el área de estudio.

La propuesta de diseño de un carril directo entre La Unión- San Miguel promete mejorar la movilidad y accesibilidad vehicular en la intersección, aumentando la capacidad, mejorando el nivel de servicio, disminuyendo colas y tiempos de espera.



## 5.2 RECOMENDACIONES

Para optimizar la movilidad y la accesibilidad vehicular en el redondel Monseñor Oscar Arnulfo Romero de la ciudad de San Miguel, es necesario tomar en cuenta que las señales, el mobiliario vial y las plantaciones no deben obstruir la visibilidad; aunque objetos aislados y alargados, como báculos de alumbrado, soportes de señales o pilas de viaductos no constituyen obstrucción siempre que tengan menos de 500mm de anchura.

Para obtener datos más exactos se recomienda realizar un estudio de tránsito dentro del anillo periférico de la intersección.

Para la obtención de resultados óptimos se recomienda realizar el estudio de tránsito por lo menos un mes durante las veinticuatro horas

Con la ejecución del Bypass, planificado en la zona norte de la ciudad, se recomienda limitar el tránsito pesado y desviarlo a este, mejorando así el congestionamiento en la intersección.

La señalización dentro del área de influencia debe instalarse conforme a la reglamentación actual y al Manual Interamericano de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras.

Es necesario darle continuidad a esta propuesta, realizando diseños altimétricos, hidráulicos, hidrológicos, entre otros, ya que esta propuesta solo es geométrica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALFARO ROMERO, AMÍLCAR ENOC, FUENTES RÍOS, IRINA EMILY, OCHOA GARCÍA, DOLORES, ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA, ***“PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL”***, TESIS DE GRADO, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, SAN MIGUEL, EL SALVADOR, 2011.

BULL ALBERTO ***“CONGESTIÓN DE TRANSITO: EL PROBLEMA Y COMO ENFRENTARLO”***, UN. CEPAL, SANTIAGO DE CHILE, 2003.

CEPREDENAC, SIECA (2011), ***“MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS CARRETERAS, CON ENFOQUE DE GESTIÓN DE RIESGO Y DE SEGURIDAD VIAL”***, EDICIÓN 2011

HOMBURGER, WOLFGANG S.; KELL, JAMES H. AND PERKINS, DAVID D. ***“FUNDAMENTALS OF TRAFFIC ENGINEERING, COURSE NOTES”***, 13 TH EDITION, INSTITUTE OF TRANSPORTATION STUDIES, UNIVERSITY OF CALIFORNIA AT BERKELEY, CALIFORNIA

J NICHOLAS, GARBER, HOEL LESTER ***“INGENIERIA DE TRANSITO Y CARRETERAS”*** TERCERA EDICION

LUNA ROMERO RITA VANESSA, MERINO PALACIOS CESAR OMAR, MURILLO MUÑOZ ALICIA TERESA ***“PROPUESTA DE INTERSECCION ENTRE CA-7 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZAN”***, TESIS DE GRADO, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, SAN MIGUEL, EL SALVADOR, 2016.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE, VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO MOPTVDU, VICEMINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, UNIDAD DE PLANIFICACIÓN

VIAL **“PROGRAMA DE CARRETERAS REGIONALES”** SAN SALVADOR, EL SALVADOR, AGOSTO DE 1999.

MOP – **“LEY DE TRANSPORTE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL”**, 2010, EL SALVADOR.

MOP – **“LEY DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES (DECRETO 463)”**, 1969, EL SALVADOR

MULINAZZI, THOMAS E. AND CARTER EVERETT C. **“STUDY OF STATEWIDE TRAFFIC VOLUME COUNTING SYSTEMS FOR MARYLAND AND WEST VIRGINIA, RESEARCH REPORT, TRANSPORTATION STUDIES CENTER AND DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING”**, UNIVERSITY OF MARYLAND, STATE HIGHWAY ADMINISTRATION, 1977.

ORTEGA GUARICELA HUGO ESTEBAN **“EVALUACION DE LA CAPACIDAD EN ROTONDAS, EN FUNCION DE LA OPTIMIZACION DE SU DISEÑO GEOMETRICO BASADO EN AUMENTO DE LA SEGURIDAD”** TESIS DE MAESTRIA, INSTITUTO POLITECNICO DE LEIRIA, LEIRIA SEPTIEMBRE DE 2017.

**“ROUNDABOUTS: AN INFORMATIONAL GUIDE”**, SEGUNDA EDICIÓN.

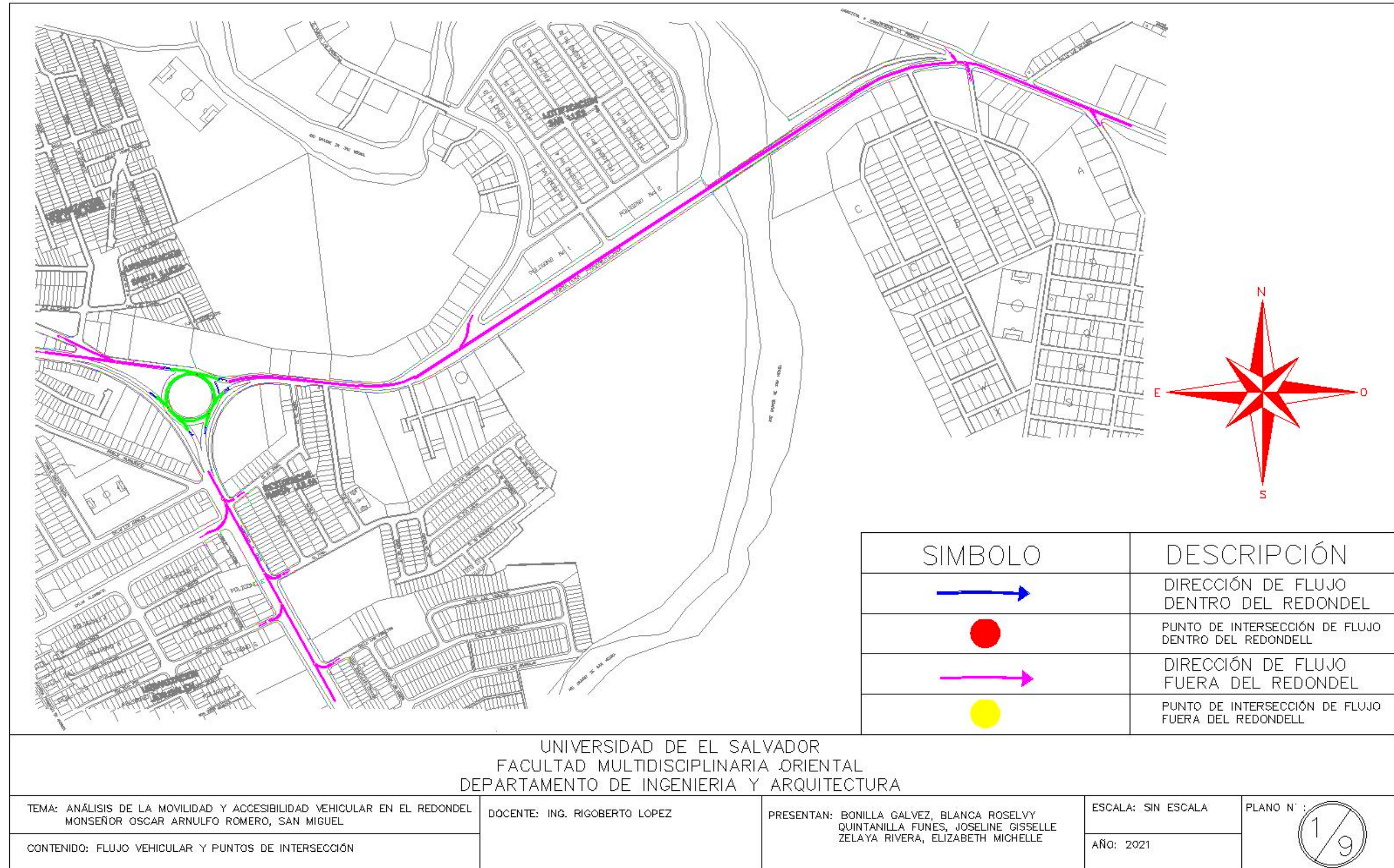
SECRETARÍA DE INTEGRACIÓN ECONÓMICA CENTROAMERICANA (SIECA) **“MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, ALCANTARILLAS Y PUENTES”** GUATEMALA, JULIO DE 1974.

SIECA – **“MANUAL CENTROAMERICANO DE DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA EL CONTROL DEL TRANSITO (CATÁLOGO SEÑALES VERTICALES), ED 2000”**, EL SALVADOR.

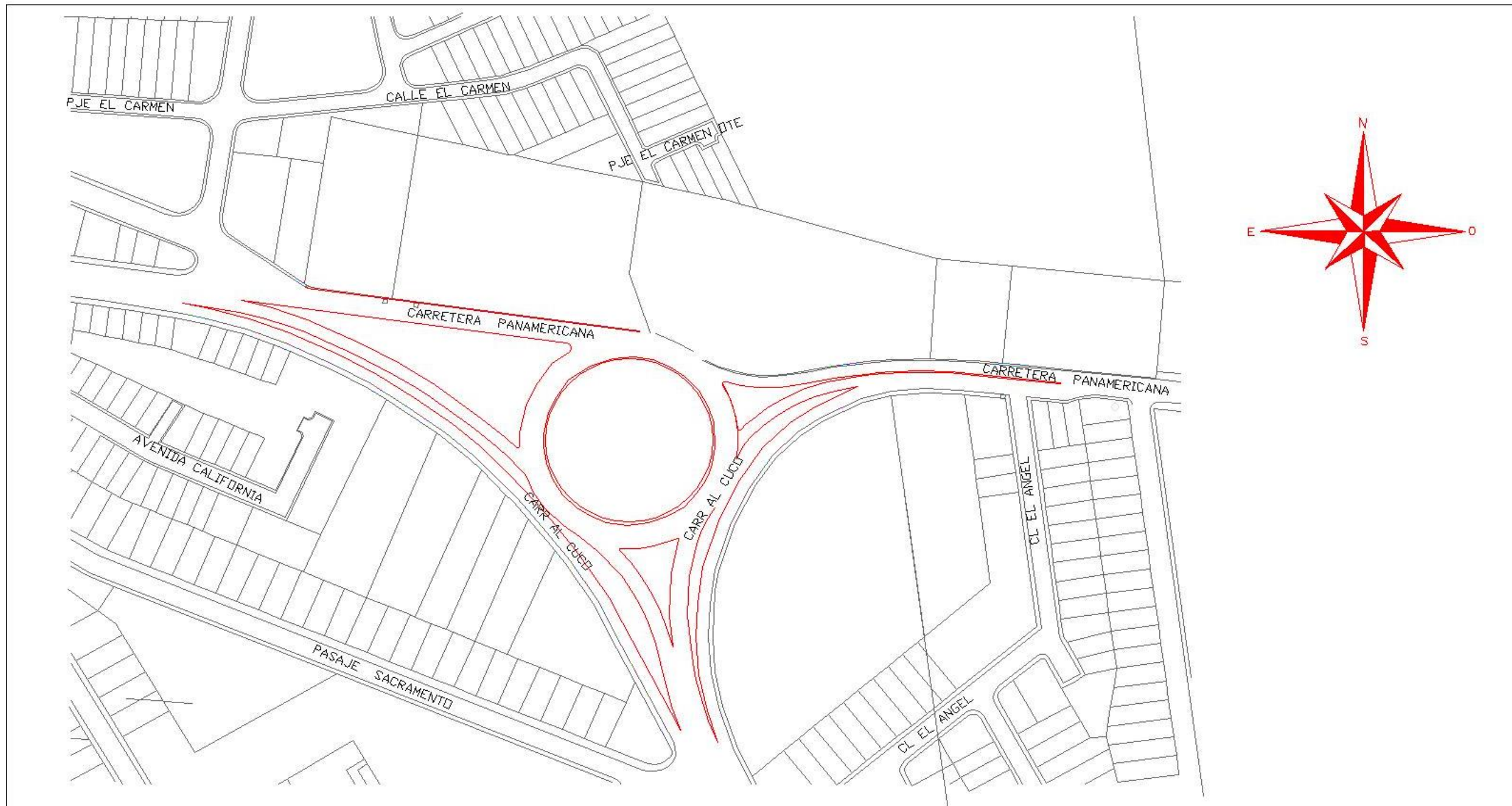
SIECA - **“MANUAL DE NORMAS AMBIENTALES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS”**, ED. 2002, EL SALVADOR.

TRANSPORTATION RESERCH BORD, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - **“HIGHWAY CAPACITY MANUAL”**, SPECIAL REPORT NO. 209, ED. 1985.


ANEXO 1: PLANO DEL FLUJO VEHICULAR Y PUNTOS DE INTERSECCIÓN.



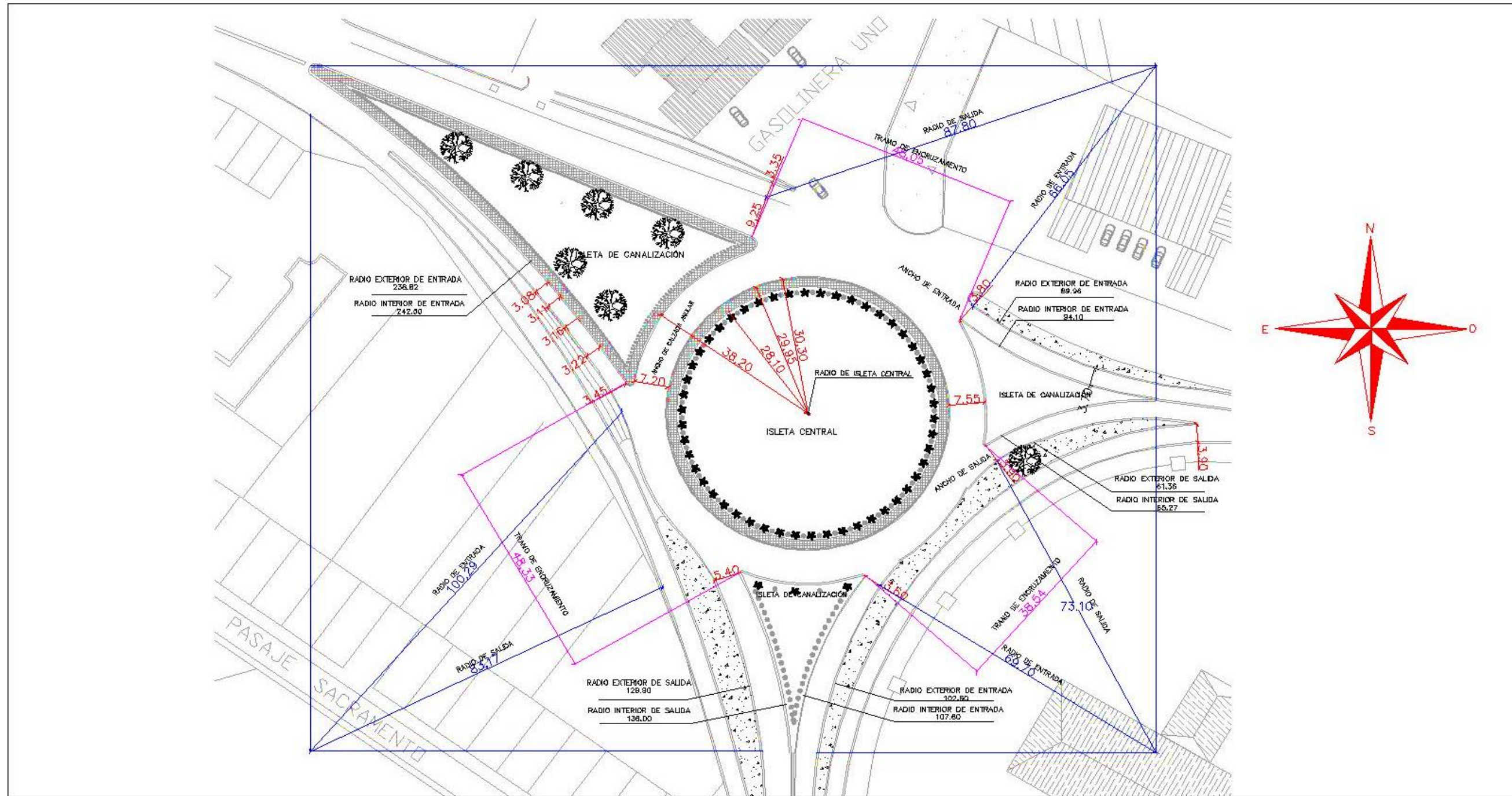
ANEXO 2: PLANO DE UBICACIÓN.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TEMA: ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD VEHICULAR EN EL REDONDEL MONSEÑOR OSCAR ARNULFO ROMERO, SAN MIGUEL	DOCENTE: ING. RIGOBERTO LOPEZ	PRESENTAN: BONILLA GALVEZ, BLANCA ROSELY QUINTANILLA FUNES, JOSELINE GISSELLE ZELAYA RIVERA, ELIZABETH MICHELLE	ESCALA: SIN ESCALA	PLANO N° : 
CONTENIDO: PLANO DE UBICACIÓN			AÑO: 2021	

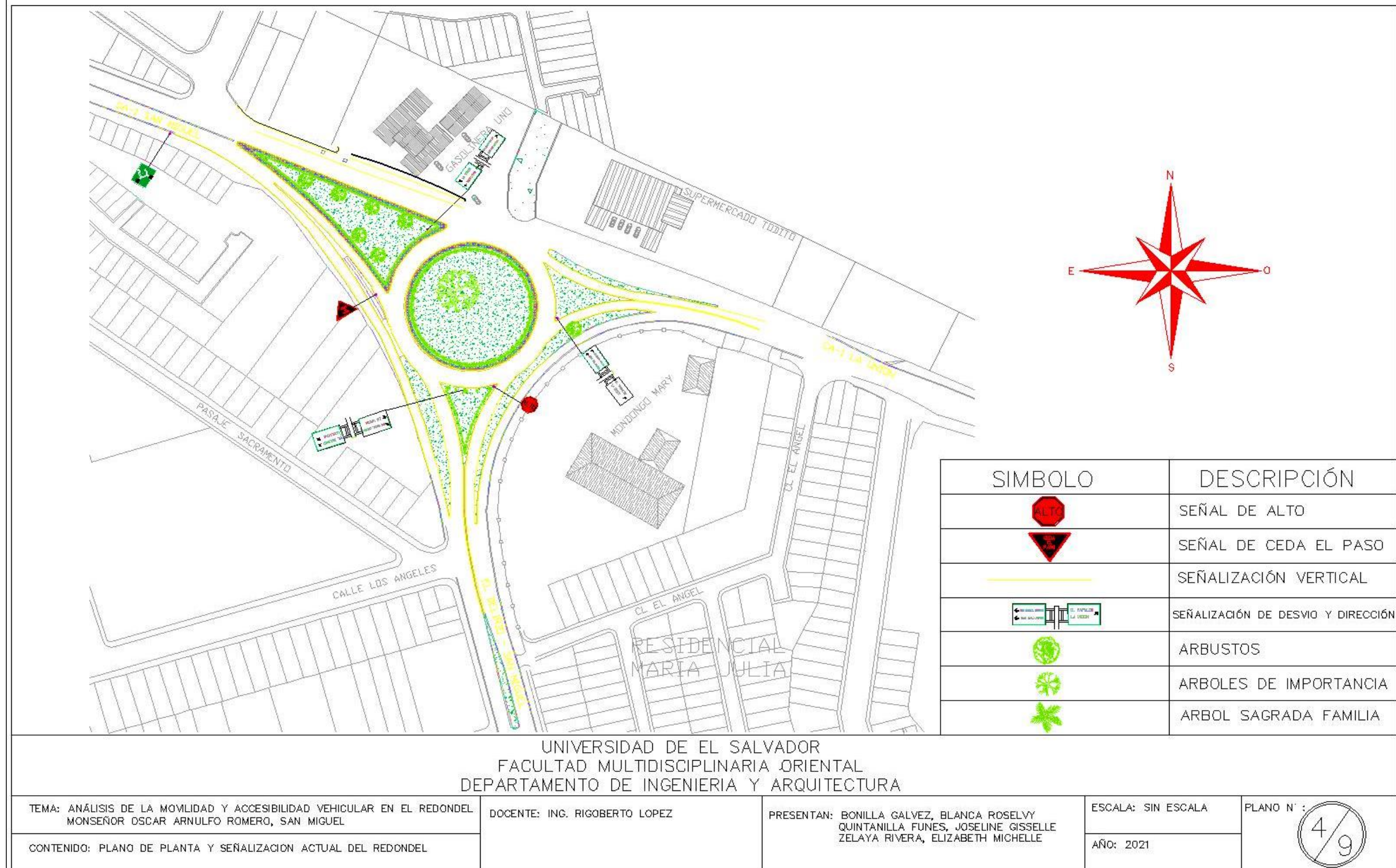
ANEXO 3: PLANO DE LA GEOMETRÍA ACTUAL DEL REDONDEL.



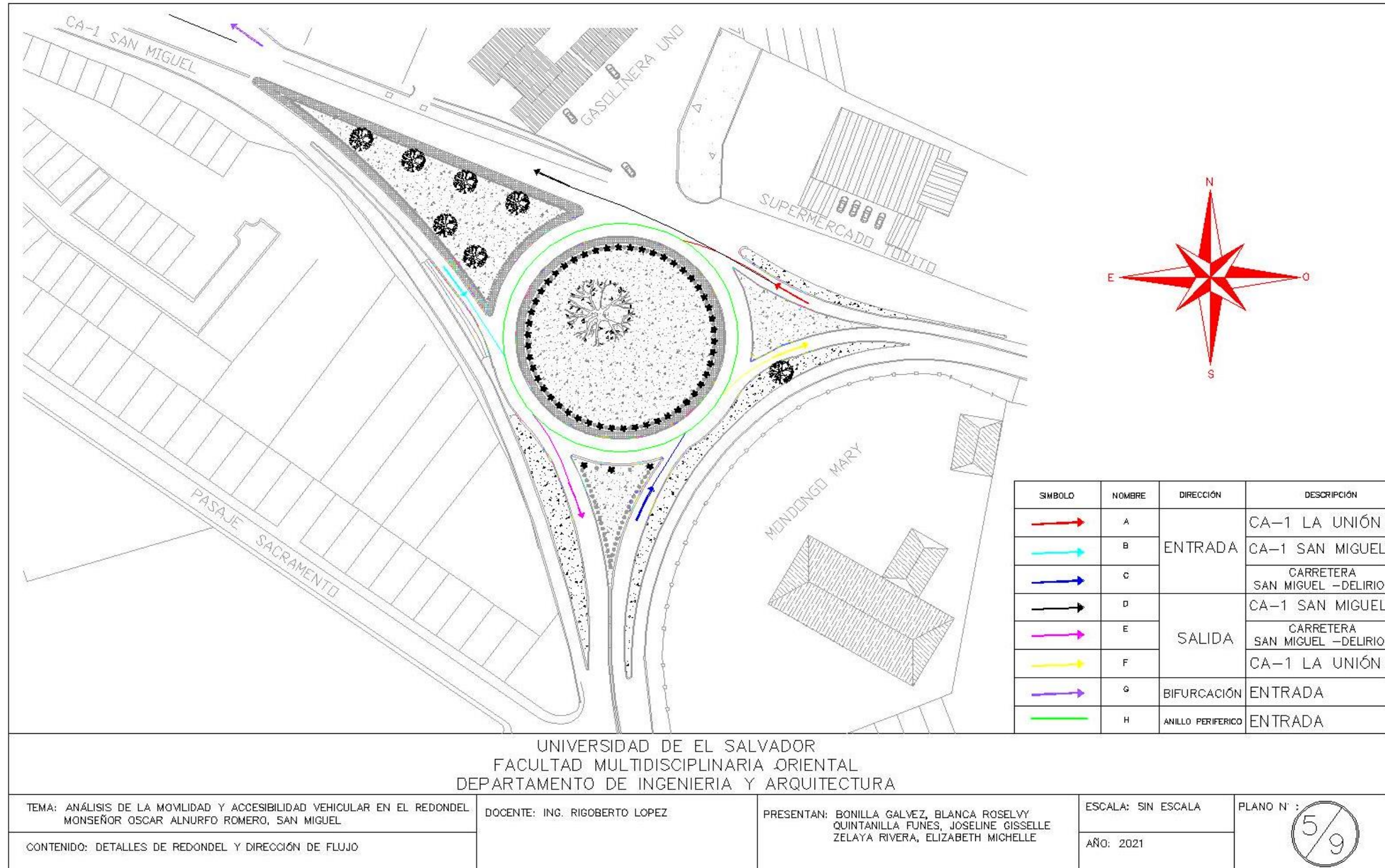
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TEMA: ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD VEHICULAR EN EL REDONDEL MONSEÑOR OSCAR ALNURFO ROMERO, SAN MIGUEL	DOCENTE: ING. RIGOBERTO LOPEZ	PRESENTAN: BONILLA GALVEZ, BLANCA ROSELVY QUINTANILLA FUNES, JOSELINE GISSELLE ZELAYA RIVERA, ELIZABETH MICHELLE	ESCALA: SIN ESCALA	PLANO N° :
CONTENIDO: GEOMETRIA ACTUAL DEL REDONDEL			AÑO: 2021	

**ANEXO 4: PLANO DE PLANTA Y SEÑALIZACION ACTUAL DEL REDONDEL.**

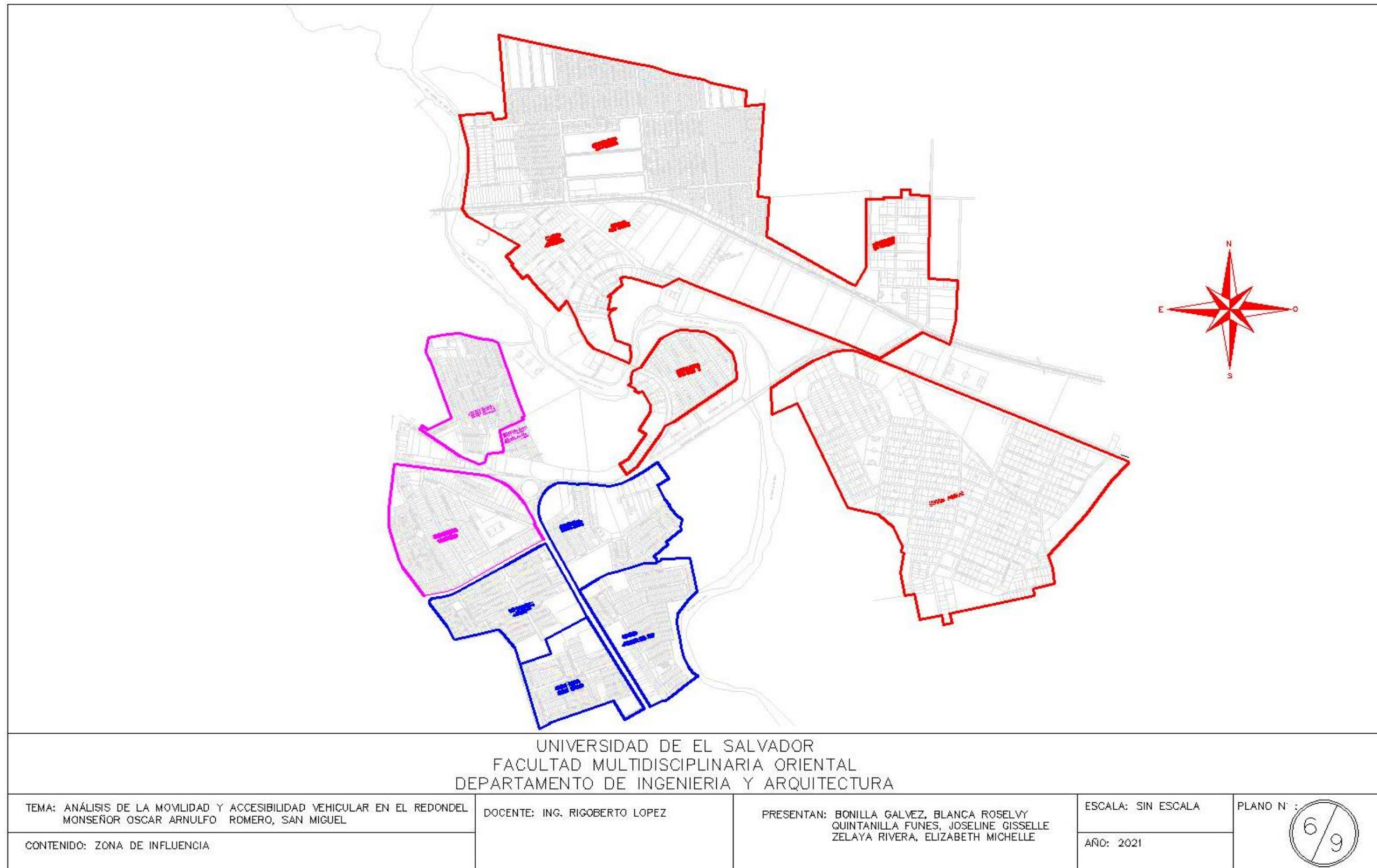


ANEXO 5: DETALLES DEL REDONDEL Y DIRECCION DE FLUJO.

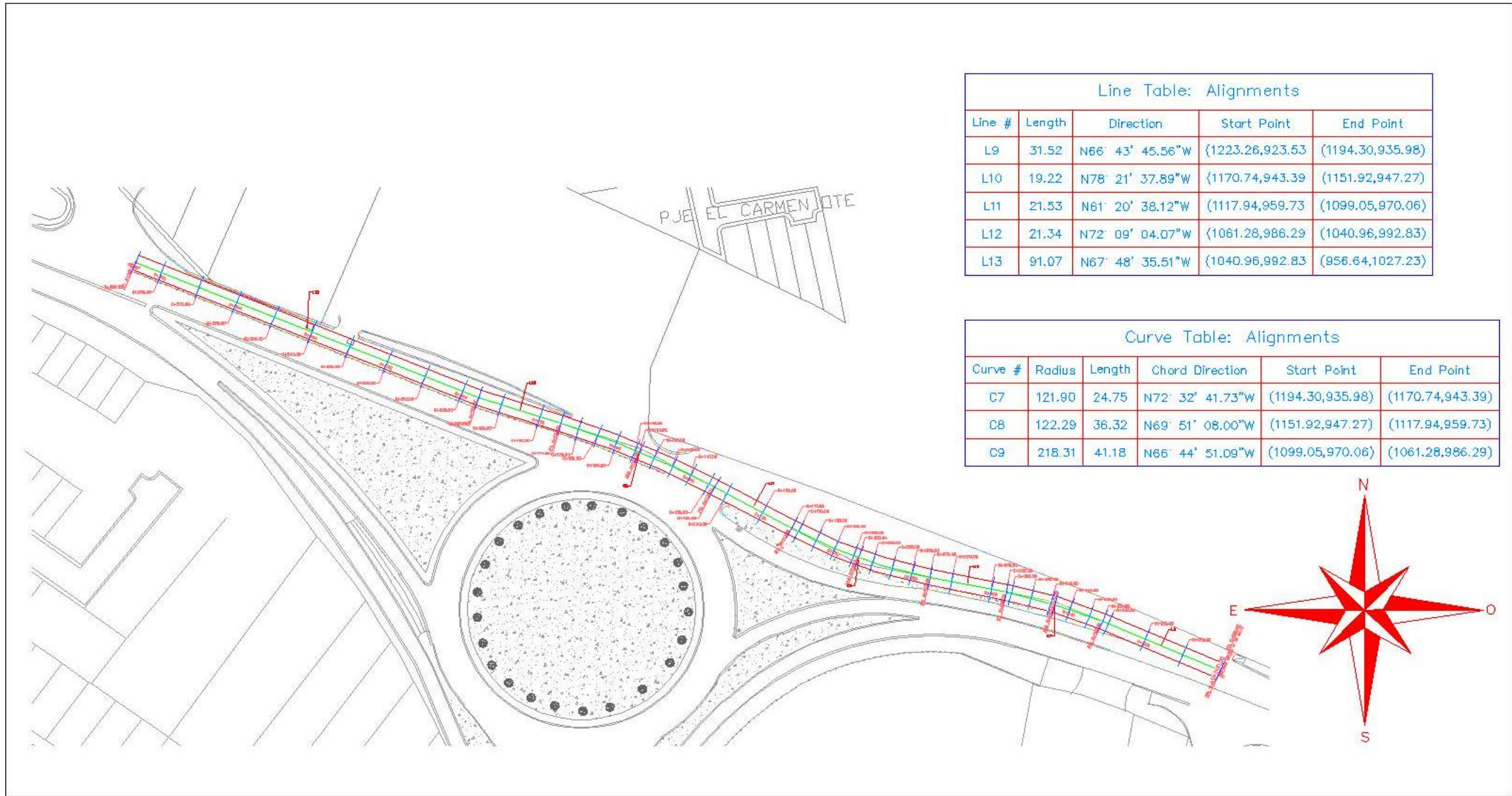




ANEXO 6: ZONA DE INFLUENCIA.




ANEXO 7: PLANO DE PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO.



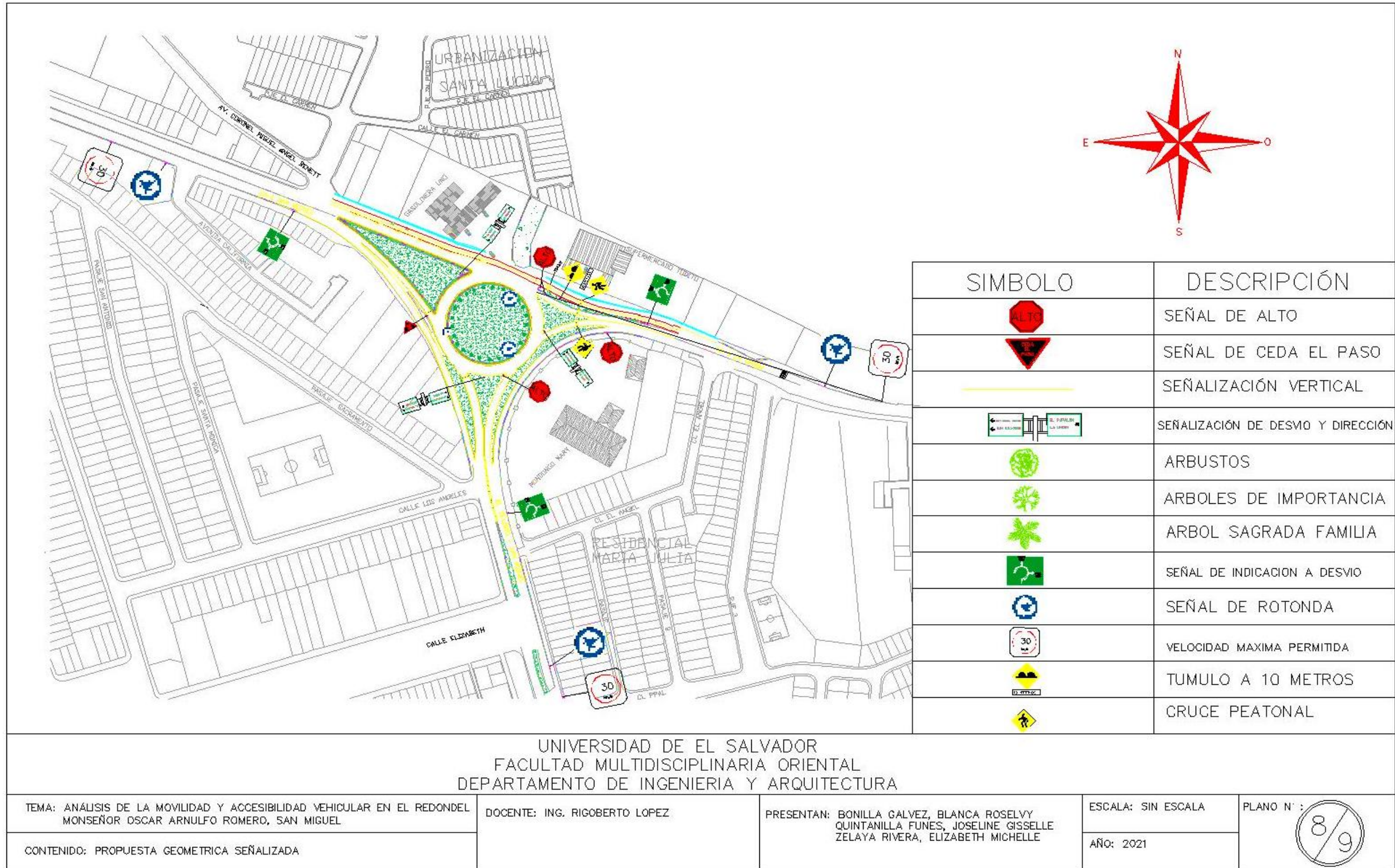
Line Table: Alignments				
Line #	Length	Direction	Start Point	End Point
L9	31.52	N66° 43' 45.56"W	(1223.26,923.53)	(1194.30,935.98)
L10	19.22	N78° 21' 37.89"W	(1170.74,943.39)	(1151.92,947.27)
L11	21.53	N61° 20' 38.12"W	(1117.94,959.73)	(1099.05,970.06)
L12	21.34	N72° 09' 04.07"W	(1061.28,986.29)	(1040.96,992.83)
L13	91.07	N67° 48' 35.51"W	(1040.96,992.83)	(956.64,1027.23)

Curve Table: Alignments					
Curve #	Radius	Length	Chord Direction	Start Point	End Point
C7	121.90	24.75	N72° 32' 41.73"W	(1194.30,935.98)	(1170.74,943.39)
C8	122.29	36.32	N69° 51' 08.00"W	(1151.92,947.27)	(1117.94,959.73)
C9	218.31	41.18	N66° 44' 51.09"W	(1099.05,970.06)	(1061.28,986.29)

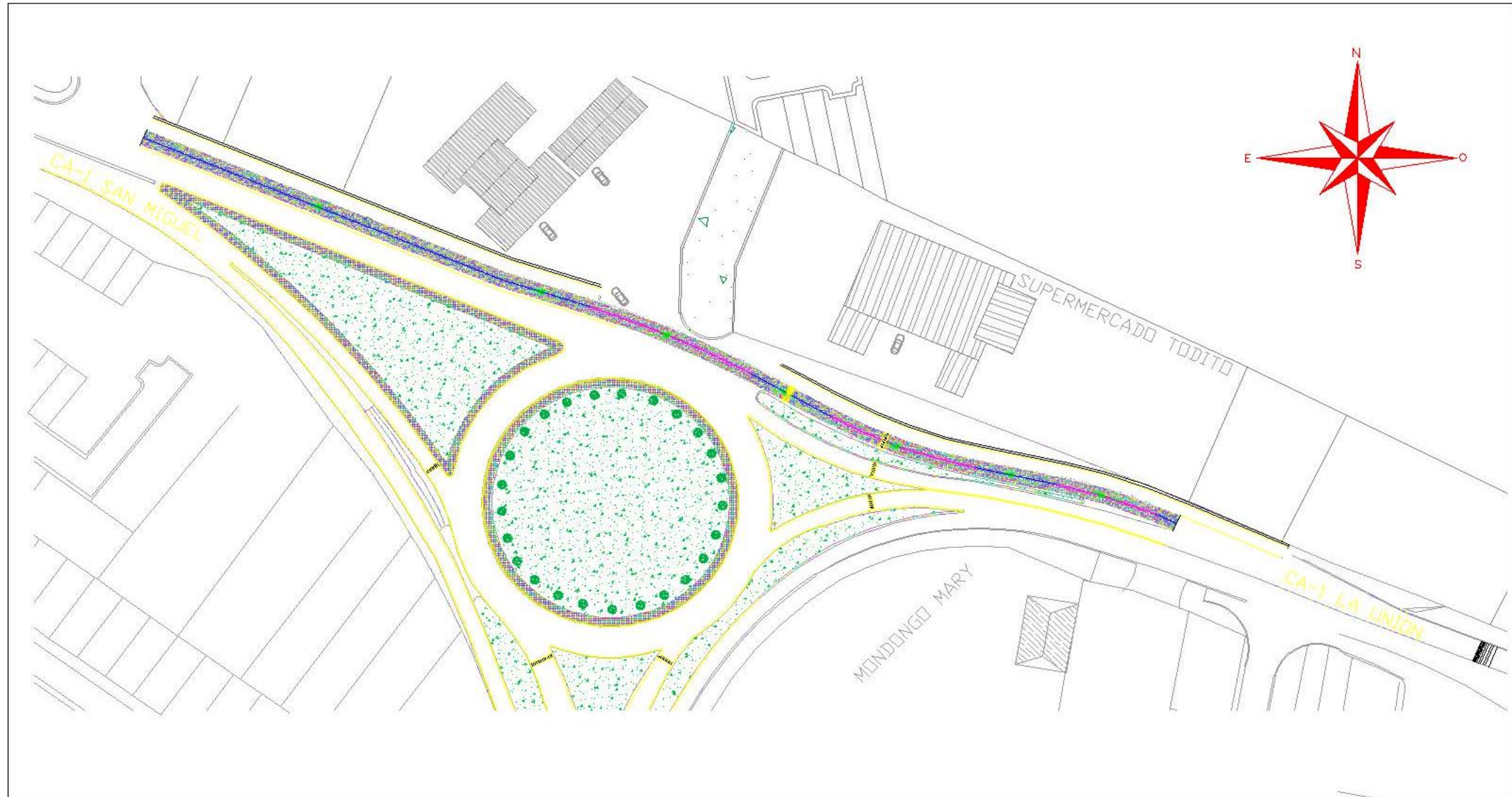
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TEMA: ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD VEHICULAR EN EL REDONDEL MONSEÑOR OSCAR ARNULFO ROMERO, SAN MIGUEL	DOCENTE: ING. RIGOBERTO LOPEZ	PRESENTAN: BONILLA GALVEZ, BLANCA ROSELVY QUINTANILLA FUNES, JOSELINE GISSELLE ZELAYA RIVERA, ELIZABETH MICHELLE	ESCALA: SIN ESCALA	PLANO N° : 
CONTENIDO: PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO			AÑO: 2021	

ANEXO 8: PLANO DE LA PROPUESTA GEOMÉTRICA SEÑALIZADA.



ANEXO 9: PLANO DE VISTA DE PLANTA DE LA PROPUESTA GEOMÉTRICA.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TEMA: ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD VEHICULAR EN EL REDONDEL MONSEÑOR OSCAR ARNULFO ROMERO, SAN MIGUEL	DOCENTE: ING. RIGOBERTO LOPEZ	PRESENTAN: BONILLA GALVEZ, BLANCA ROSELVY QUINTANILLA FUNES, JOSELINE GISSELLE ZELAYA RIVERA, ELIZABETH MICHELLE	ESCALA: SIN ESCALA	PLANO N° : 
CONTENIDO: VISTA DE PLANTA DE PROPUESTA GEOMETRICA			AÑO: 2021	