



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA SEDE  
AZOGUES**

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE ROTONDAS Y PROPUESTAS DE DISEÑO PARA  
EL CASO DE LA AUTOPISTA AZOGUES-CUENCA**

**AUTOR:**

**LUISA CRISTINA LOZANO JACHERO**

**TUTOR:**

**ING. RÓMULO RICARDO ROMERO GONZÁLEZ**

**AZOGUES-ECUADOR**

**2019**

1

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN-  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Mediante el presente doy fe que el trabajo de titulación “EVALUACIÓN DE ROTONDAS Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL CASO DE LA AUTOPISTA AZOGUES-CUENCA” de la Srta. **LOZANO JACHERO LUISA CRISTINA**, C.I. 0302711775, para optar el título de INGENIERA CIVIL, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Azogues, a los 20 días del mes de mayo de 2019

Atentamente,



Magister Ricardo Romero González  
TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**0301757084**

## CERTIFICADO DE AUTORÍA

El presente trabajo de proyecto profesional de grado previo a la obtención del título de INGENIERA CIVIL, cuyo tema es: **“EVALUACIÓN DE ROTONDAS Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL CASO DE LA AUTOPISTA AZOGUES-CUENCA”** correspondiente al trabajo de investigación del autor, además certifico que he cumplido con todas las observaciones realizadas por el tribunal evaluador.

Estudiante:



Luisa Cristina Lozano Jachero

0302711775

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico con todo cariño a mis padres, pilar fundamental de mi vida que con su apoyo y amor me impulsaron a seguir adelante, a mis hermanos que siempre me alentaron y apoyaron aún en los momentos más difíciles les estaré eternamente agradecida.

## **AGRADECIMIENTO**

Luego de finalizar este trabajo, le agradezco a Dios por ser mí guía, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito este largo camino. A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron. Agradezco a mi director Ing. Rómulo Ricardo Romero González quien con su experiencia, conocimiento y motivación me orientaron en la investigación.

Agradezco a todos los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación aplicada en Ingeniería de Tránsito, presenta un análisis de los parámetros de flujo, diseño geométrico, funcionalidad y nivel de servicio que presenta la Vía Rápida Azogues – Cuenca, haciendo énfasis en las tres rotondas emplazadas en la vía: Zhullín, La Dolorosa y Bellavista. Para la elaboración de esta investigación se elaboraron conteos vehiculares para determinar la composición del tránsito existente; mediciones geométricas y análisis de funcionalidad de los elementos de la vía para la evaluación acorde a la normativa vigente en el Ecuador y un breve análisis de la accidentalidad en las zonas de conflicto de cada una de las rotondas que se están estudiando. Finalmente, se propone alternativas de re-diseño para un tránsito proyectado de acuerdo al crecimiento del parque automotor en la zona de estudio, apoyado en datos estadísticos que utiliza el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, órgano rector de la movilidad en el país.

**ABSTRACT**

## ***ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS***

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VI</b>

### **CAPÍTULO I**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Formulación del problema .....	3
1.3 Definición De La Zona De Estudio.....	5
1.3    Objetivos .....	6
1.3.1 General .....	6
1.3.2    Específicos .....	6
1.4 Metodología .....	7
1.5 Hipótesis.....	8

### **CAPITULO II**

<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>9</b>
2. 1 ROTONDAS .....	9
2.1.1 Historia de las Rotondas.....	9
2. 1.2 Conceptos de las Rotondas.....	12
2.1.3 Ventajas y Desventajas de las Rotondas .....	13
2.1.3.1 Ventajas.....	13
2.1.3.2 Desventajas.....	14
2.1.4 Tipos de Rotondas.....	15
2.1.4.1 Mini Rotondas .....	15

2.1.4.2 Rotondas Normales .....	16
2.1.4.3 Rotondas Múltiples .....	17
2.1.5. Composición del Tránsito .....	18
2.1.5.1. Vehículos Livianos. - .....	18
2.1.5.2. Vehículos Pesados. - .....	19
2.1.6. Capacidad. –.....	19
2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO EN ROTONDAS.....	21
2.2.2. Pendiente Longitudinal .....	21
2.2.3. Perfil Transversal .....	22
2.2.4. Tasa de Flujo .....	22
2.2.5 Número de Carriles Necesario en una Rotonda .....	22
2.2.6 Ancho de Aproximación a la Rotonda .....	22
2.2.7 Diámetro Inscrito de la Rotonda .....	22
2.2.8 Isla Central .....	23
2.2.9 Trazado De Los Accesos De Entrada.....	24
2.2.10 Isla Deflectora .....	25
2.3 Tránsito .....	25
2.3.1 Volumen de Tránsito.....	25
2.3.1.1 Volumen de la Hora Pico .....	25
2.3.2. Volumen de Tránsito Absoluto o Totales.....	26
2.3.2.1. Tránsito Anual (TA). –.....	26
2.3.2.2. Tránsito Mensual (TM). – .....	26
2.3.2.3. Tránsito Semanal (TS). – .....	26
2.3.2.4. Tránsito Diario (TD). – .....	26
2.3.2.5. Tránsito Horario (TH). – .....	27
2.3.3. Volumen de Tránsito Promedio Diario .....	27

2.3.3.1.	Volumen de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).	27
2.3.3.2.	Tránsito Promedio Diario Mensual se define como:	28
2.3.3.3.	Tránsito Promedio Diario Semanal se define como:	28
2.4.	Nivel De Servicio	28
<input type="checkbox"/>	2.4.1 Nivel de servicio “A”	29
<input type="checkbox"/>	2.4.2 Nivel de servicio “B”	30
<input type="checkbox"/>	2.4.3 Nivel de servicio “C”	31
<input type="checkbox"/>	2.4.4 Nivel de servicio “D”	31
<input type="checkbox"/>	2.4.5 Nivel de servicio “E”	32
<input type="checkbox"/>	2.4.6 Nivel de servicio “F”	33
2.5.	Conteo Vehicular	33
2.5.1.	Aforos Manuales. –	33
2.5.2.	Aforos Mecánicos. –	34
2.6.	Software	34
2.6.1.	Sidra	34
2.6.2.	Aimsun	36

### CAPITULO III

<b>METODOLOGÍA</b>	<b>38</b>
3.1 Conteo de Trafico Manual	40
3.2. Volumen de tránsito	48
3.3 TPDA	53
3.3.1. Hora de máxima demanda	55
3.4 Nivel de servicio	68
3.5. Tráfico Futuro	78
3.5.3. Composición Vehicular	82
3.6 Planificación Del Tránsito	84

3.7 Características Geométricas ..... 93

**CAPITULO IV**

4.1 Conclusiones ..... 102

4.2 Recomendaciones..... 105

**BIBLIOGRAFIA..... 107**

## *ÍNDICE DE TABLAS*

Tabla 1: Clasificación de los vehículos. ....	19
Tabla 2: Rangos Recomendados Para Círculos Inscritos. ....	23
Tabla 3: Diámetro de la Isla Central según Diámetro Inscrito. ....	24
Tabla 4: Tráfico del Flujo de la Rotonda de Bellavista. ....	42
Tabla 5: Tráfico del Flujo de la Rotonda la Dolorosa. ....	44
Tabla 6: Tráfico del Flujo de la Rotonda de Zhullín. ....	46
Tabla 7: Resultado de Vehículos Transitado en las Rotondas. ....	48
Tabla 8: Variación del Volumen de Tránsito del día Lunes 3 de Septiembre del 2018. ....	49
Tabla 9: Resultado del Tránsito Promedio por Rotonda. ....	53
Tabla 10: Tránsito Promedio Semanal. ....	53
Tabla 11: Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda . ....	55
Tabla 12: Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda. ....	56
Tabla 13: Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda. ....	57
Tabla 14: Hora de máxima demanda. ....	58
Tabla 15: Total del Tráfico diario menos el Tráfico promedio diario semanal. ....	59
Tabla 16: Desviación Estándar. ....	59
Tabla 17: Estimador Desviación Estándar Poblacional. ....	60
Tabla 18: Tráfico Promedio Anual TPDA. ....	60
Tabla 19: Cálculo utilizado para sacar el TPDA de la rotonda de Zhullín. ....	61
Tabla 20: Cálculo utilizado para sacar el TPDA de la rotonda la Dolorosa. ....	62
Tabla 21: Cálculo utilizado para sacar el TPDA de la rotonda de Bellavista. ....	63
Tabla 22: Resultados del TPDA. ....	64
Tabla 23: Composición Vehicular de la Rotonda de Zhullín. ....	66
Tabla 24: Composición Vehicular de la Rotonda de Bellavista. ....	67
Tabla 25: Datos para obtener el Nivel de Servicio Rotonda de Zhullin. ....	68
Tabla 26: Datos para obtener el Nivel de Servicio Rotonda de Bellavista. ....	69
Tabla <b>27</b> : Factor De Equivalencia En Vehículos Ligeros En Tramos Genéricos. ....	72

Tabla 28: Factor de presencia de vehículos de las rotonda de Zhullín y Bellavista. ....	73
Tabla 29: Tasa de flujo de las rotondas de Zhullín y Bellavista. ....	73
Tabla 30:Ajuste Con Ancho De Carretera. ....	73
Tabla 31: Ajuste Por La Derecha Del Desplazamiento Lateral .....	74
Tabla 32:Ajuste Por Número De Carriles.....	74
Tabla 33: Ajuste Por Densidad De Cruce.....	74
Tabla 34: Factor de Hora Punta. ....	75
Tabla 35:Velocidad de flujo de las Rotondas de Zhullín y Bellavista.....	75
Tabla 36: Densidad de la Rotonda de Zhullín y Bellavista. ....	78
Tabla 37: Tasa de crecimiento vehículos livianos. ....	80
Tabla 38: Tasa de crecimiento para Buses. ....	80
Tabla 39: Tasa de crecimiento vehículo de carga.....	81
Tabla 40: Índices de Crecimiento. ....	81
Tabla 41: Composición Vehicular y TPDA Rotonda de Zhullín.....	82
Tabla 42: Composición Vehicular y TPDA Rotonda de Bellavista.....	82
Tabla 43: TPDA para cada tipo de Vehículo que circula por la rotonda ubicada en Zhullín. ....	83
Tabla 44: TPDA para cada tipo de Vehículo que circula por la rotonda ubicada en Bellavista. ....	83
Tabla 45: Datos de cálculo para el tráfico futuro Rotonda de Zhullín.....	84
Tabla 46: Datos de cálculo para el tráfico futuro Rotonda de Bellavista. ....	84
Tabla 47:Matriz Conflictos Rotonda de Zhullín.....	88
Tabla 48: Matiz de Conflictos Rotonda La Dolorosa. ....	90
Tabla 49: Matiz de Conflictos Rotonda Bellavista.....	92
Tabla 50: Normas de Diseño .....	94
Tabla 51: Parámetros recomendados para el anillo de circulación.....	95
Tabla 52: Parámetros recomendados para la entrada.....	95
Tabla 53:Parámetros recomendados para la salida. ....	96
Tabla 54:Parámetro recomendados de visibilidad. ....	96
Tabla 55:Otros parámetros de la norma Ecuatoriana.....	97

Tabla 56: Análisis Geométrico de los redondeles .....	100
---	-----

### ***ÍNDICE DE ILISTRACIONES***

Ilustración 1: Croquis del Redondel del Sector Zhullín.....	5
Ilustración 2: Croquis del Redondel del Sector La Dolorosa .....	5
Ilustración 3: Croquis del Redondel del Sector Bellavista .....	6
Ilustración 4: Redondel Antiguo y en la Actualidad.....	10
Ilustración 5: Prioridad del tránsito interior.....	11
Ilustración 6: Abocinamiento en la entrada .....	11
Ilustración 7: Deflexión.....	12
Ilustración 8: Redondel Naciones Unidas.....	13
Ilustración 9: Reducción de puntos de conflicto.....	14
Ilustración 10: Mini Rotonda.....	16
Ilustración 11: Rotondas Normales.....	17
Ilustración 12: Rotonda Múltiple.....	18
Ilustración 13: Tipos de Vehículos.....	20
Ilustración 14: Diseño de una Rotonda.....	21
Ilustración 15: Nivel de Servicio A.....	30
Ilustración 16: Nivel de Servicio B.....	30
Ilustración 17: Nivel de Servicio C.....	31
Ilustración 18: Nivel de Servicio D.....	32
Ilustración 19: Nivel de Servicio E.....	32
Ilustración 20: Nivel de Servicio F.....	33
Ilustración 21: Sidra Software .....	35
Ilustración 22: Aimsun Software.....	37
Ilustración 23: Conteo Vehicular.....	41
Ilustración 24: Rotonda de Bellavista.....	43
Ilustración 25: Rotonda la Dolorosa.....	45

Ilustración 26: Rotonda de Zhullín.....	47
Ilustración 27: Variación del Volumen de Tránsito.....	50
Ilustración 28: Variación Horaria del Volumen de Tránsito del Redondel de Zhullín Carril Derecho .....	51
Ilustración 29: Variación Horaria del Volumen de Tránsito del Redondel de Zhullín Carril Izquierdo.....	52
Ilustración 30: Curva Velocidad Flujo Rotonda de Zhullín.....	76
Ilustración 31: Curva Velocidad Flujo Rotonda de Bellavista. ....	77
Ilustración 32: Redondel De Zhullin .....	86
Ilustración 33: Redondel La Dolorosa.....	89
Ilustración 34: Redondel Bellavista.....	91

### ***ÍNDICE DE ECUACIONES***

Ecuación 1 .....	25
Ecuación 2 .....	27
Ecuación 3 .....	27
Ecuación 4 .....	28
Ecuación 5 .....	28
Ecuación: 6.....	53
Ecuación 7 .....	54
Ecuación 8 .....	54
Ecuación 9 .....	58
Ecuación 10 .....	59
Ecuación 11 .....	60
Ecuación 12 .....	70
Ecuación 13 .....	71
Ecuación 14 .....	71
Ecuación 15 .....	72
Ecuación 16 .....	81

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Introducción

En las redes de transporte existen puntos críticos, en referencia a congestionamientos y accidentabilidad, que son llamados intersecciones. Es decir, a pesar de ser solo una pequeña parte de la red, tienen una importancia fundamental pues son sectores en los cuales se deben presentar alternativas para un servicio adecuado y seguro.

Una de las alternativas más ampliamente reproducidas a nivel mundial son las rotondas, pues obligan a los conductores a reducir la velocidad, lo que implica necesariamente una reducción de la accidentabilidad en dichas zonas de conflicto; cosa que no necesariamente ocurre con los giros de 90 grados por ejemplo, en estos casos el conductor no está obligado a bajar la velocidad a la hora de realizar el giro y esto se visualiza en considerables índices de accidentabilidad por colapsos en sentido perpendicular entre vehículos.

En nuestro país, las grandes urbes presentan rotondas que pretenden aliviar el tráfico que existe debido a la densidad poblacional. En Quito, uno de los más representativos es la rotonda de “El Trébol”, en Guayaquil la de la Av. Benjamín Carrión, o en Cuenca las rotondas de la Av. Fray Vicente Solano son muestras de que en ocasiones es necesario sacrificar tiempo de viaje para obtener seguridad.

A partir de la entrega del Proyecto “Vía Rápida Cuenca – Azogues - Biblián”, se realiza una primera evaluación tanto de los parámetros Qde flujo, así como del diseño

geométrico de la vía ya construida, específicamente en las tres rotondas existentes la de Zhullin, la Dolorosa y Bellavista. Se determina, por una parte, su funcionalidad, cual es el nivel de servicio que brinda a los usuarios y por otro lado se verifica si el diseño ha cumplido con los requerimientos de la Norma Ecuatoriana de Vialidad presentada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

Posteriormente se realiza una adecuada proyección del tránsito futuro, teniendo base en los datos de series históricas del Ministerio de Transporte y evaluando estadísticamente los índices de crecimiento vehicular, todo esto con el fin de realizar un análisis comparativo entre las condiciones de la vía al inicio del proyecto y las que tendrá al final del período de diseño.

Por último, es necesario presentar alternativas de mejoramiento, siempre desde la perspectiva de la movilidad, de las zonas que presenten mayor densidad vehicular para no permitir que la vía disminuya el nivel de servicio que ofrece la misma.

En el primer capítulo de este trabajo se establece el estado del arte mediante la recolección y esquematización de la información existente en referencia a las rotondas, empezando en un nivel macro, hasta llegar al sector de interés que son las rotondas de la Vía Rápida Azogues – Cuenca.

El segundo capítulo hace referencia a la metodología que se va a desarrollar para lograr los objetivos planteados al inicio de esta investigación. Partiendo de la recolección de información referente a la composición del volumen de tránsito presente en la vía; una verificación del cumplimiento de las Normas Ecuatorianas de vialidad y una posterior

proyección del tránsito futuro, necesario para el análisis comparativo de los dos escenarios planeados: tránsito actual y tránsito futuro.

El tercer capítulo presenta el análisis y procesamiento de los datos obtenidos.

## **1.2 Formulación del problema**

Las rotondas ubicadas en la vía rápida Azogues- Cuenca existen problemas de geométrica, ofrecen seguridad, existe congestionamiento vehicular, se clasificada como una vía rápida según el criterio del Ministerio de Transporte y Obras Públicas?

Al realizar un primer análisis de la clasificación de las carreteras según la NEVI, esta vía entra dentro de los parámetros de una vía de alta capacidad interurbana, en función del desempeño de la carretera. Sin embargo, en la misma norma se establece que las vías de alta capacidad deben tener un control total de accesos, es decir, no se podrá acceder a la autopista desde las propiedades colindantes, lo que representa un problema a la hora de clasificar a la vía según este criterio, debido a que los vehículos de propiedades colindantes a la Vía rápida Azogues- Cuenca Por otro lado, la clasificación que más se ajusta a la realidad de la vía es la clasificación funcional por su importancia en la red vial, de donde se puede determinar que la vía es un corredor arterial, siendo el criterio dominante que es una vía que conecta las capitales de las provincias de Cañar y Azuay.

Posterior a esto, y desde la perspectiva de la funcionalidad, la vía debe presentar un nivel adecuado de seguridad para los usuarios. Es entonces indispensable que los índices de accidentabilidad sean mínimos. Si bien es cierto que un gran porcentaje de los accidentes es causado por la imprudencia de los conductores, no es menos cierto que la vía puede presentar

determinados puntos donde los usuarios deben cambiar bruscamente la velocidad de circulación, o zonas que debido a fallas geológicas no presentan un peralte seguro para la normal circulación y el efecto de la fuerza centrífuga desencadene un accidente. Es decir, existe un porcentaje considerable de accidentes de tránsito en esta vía que, además de la imprudencia de los conductores, tiene mucho que ver con las condiciones de diseño que presenta. No se debe olvidar que en años anteriores, esta misma vía fue bautizada como “la vía de la muerte”, cuestión que dio pie precisamente a una reformulación del proyecto, para salvaguardar los intereses e integridad de los usuarios.

Por último, el diseño geométrico de las rotondas y su posterior construcción debió haber sido concebido y ejecutado con base en las Normas Ecuatorianas de Vialidad. En este aspecto se puede evidenciar el problema que puede llegar a presentar el usuario del carril de alta velocidad, que en las zonas de rotonda deberá detener completamente el auto para permitir el paso de usuarios que circunvalen dicha rotonda. Dicho de otra manera, usar el carril de alta velocidad, no siempre representará que el conductor asegure un flujo libre y en menos tiempo, sino que dependerá de que otro usuario utilice o no la rotonda. Otro de los factores claves que se debe cumplir en esta vía es la señalización horizontal y vertical, que tienen su fundamento en la citada norma que rige legalmente la construcción de carreteras en nuestro país; la adecuada colocación de señalización respecto a reductores de velocidad o velocidades máximas permitidas son indispensables para un normal funcionamiento de la vía, en este aspecto es necesario considerar la colocación de radares a lo largo de la vía que sirven como un respaldo para las zonas en donde no se tiene un control permanente de la velocidad de los usuarios. Dicho de otra manera, una vía que no cumpla los requerimientos

mínimos, en lo referente a diseño geométrico y señalizaciones, deberá, necesariamente, ser sometida a una evaluación exhaustiva de control de parámetros.

### 1.3 Definición De La Zona De Estudio

El proyecto a realizar está ubicado en la provincia del Cañar, cantón Azogues, específicamente en la Vía Rápida Azogues –Cuenca, misma que es de vital importancia.

**Ilustración 1:** Croquis del Redondel del Sector Zhullín



**Fuente:** Autora

Sistema de Coordenadas Geográficas UTM	
ROTONDA	
Este	735267.02 m
Sur	9688636.91 m
Zona	17 S
Sector	Zhullín
Parroquia	Javier Loyola

**Ilustración 2:** Croquis del Redondel del Sector La Dolorosa



**Fuente:** Autora.

Sistema de Coordenadas Geográficas UTM	
ROTONDA	
Este	737394.50 m
Sur	9691900.26 m
Zona	17 S
Sector	Dolorosa (Rumihurco)
Parroquia	Javier Loyola

**Ilustración 3:** Croquis del Redondel del Sector Bellavista

ROTONDA	Sistema de Coordenadas Geográficas UTM
Este	738156.01 m
Sur	9694599.16 m
Zona	17 S
Sector	Bellavista
Parroquia	Azogues

Fuente: Autora.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 General

- Presentar una evaluación de los parámetros de flujo de tránsito en las rotondas de la vía rápida Azogues – Cuenca y un análisis comparativo de la zona de mayor densidad vehicular entre el tráfico actual y el tráfico inducido al final del período de diseño.

### 1.3.2 Específicos

- Determinar la distribución y composición del volumen del tránsito en la Vía Rápida Azogues – Cuenca en base a conteos vehiculares en un período definido.
- Verificar si las rotondas cumplen con los criterios de diseño recomendados en la NEVI o Normas Internacionales.
- Analizar y evaluar la efectividad de las rotondas desde el punto de vista del transporte y la movilidad.

- Realizar una proyección apropiada del volumen de tránsito futuro en base a los datos sobre el tránsito existente a través de un análisis estadístico de su evolución histórica y presentar alternativas de diseño de los diferentes casos.

#### **1.4 Metodología**

La investigación que se llevara a cabo es aplicada, se realizará un análisis de flujo vehicular de las 3 rotondas ubicados en la vía rápida Azogues - Cuenca mediante la extracción de información de campo que incluye un registro de información de campo, estimación de los parámetros de ingeniería de tránsito en las rotondas y determinación de los niveles de servicio.

#### **Procedimiento**

La presente investigación se llevará a cabo con base al siguiente análisis:

- Ubicación y delimitación de las zonas de estudio.
- Aforo vehicular en las respectivas rotondas de manera directa por un tiempo estimado desde **7 am hasta las 7 pm (12 horas)**. Ingeniería en Transito (Rafael, 2007, pág. 120)
- Recolección de datos para obtener las características geométricas de las rotondas, sus pendientes, diámetros peraltes etc.
- Estimación del volumen de tránsito en cada rotonda.
- Cálculo de los niveles de servicio en cada rotonda.
- Series históricas (proyección del tránsito).

En un primer instante se plantea el escenario actual de la vía, donde será necesario realizar un análisis de los principales parámetros de la Ingeniería de Tránsito, en la ecuación fundamental que involucra flujo ( $q$ ), velocidad ( $v$ ) y densidad ( $k$ ):

Una vez realizado el primer análisis, se plantea la necesidad de realizar un análisis comparativo entre el escenario actual y el futuro escenario al final del periodo de diseño, siempre con base en los datos históricos que presenta el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP). Es decir, se comparará las condiciones de servicio actuales y futuras, con vistas a que sirva para realizar una propuesta de diseño en las zonas de conflicto como las rotondas.

El nivel de servicio de la vía, tal como lo concibe el (Transportation Research Board, 2000) es tal vez el parámetro de mayor interés en la presente investigación, pues servirá como el parámetro cuantificable en el análisis comparativo propuesto.

De igual manera es de vital importancia la necesidad de hablar del factor movilidad y cómo beneficia a los usuarios de la vía. Es decir, plantear de manera cuantificable la percepción que tienen los usuarios y cuál es el beneficio que representa para ellos el hecho de utilizar diariamente esta arteria vial.

### **1.5 Hipótesis**

El análisis y evaluación de las rotondas ubicados en la vía rápida Azogues-Cuenca permitirá plantear una propuesta de diseño para que no exista congestionamiento vehicular, basándonos en todos los datos obtenidos, calculando el nivel de servicio que ofrecerá la misma al final de su periodo de diseño.

## CAPITULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2. 1 ROTONDAS

##### 2.1.1 Historia de las Rotondas

La primera vez que se utilizó la palabra rotonda fue en el año 1929 en Gran Bretaña, con el objetivo de unir criterios por parte del Ministerio de Transporte. Las primeras rotondas modernas fueron construidas a principios de los años 60. En los primeros años, hasta 1966, los vehículos que circulaban por la rotonda cedían el paso a los otros que se encontraban en la entrada de las intersecciones giratorias, situación que provocó colapsos en dichas intersecciones. Para evitar que exista este tipo de congestionamiento vehicular, se decidió que el tráfico que ingresa a la misma ceda el paso a los vehículos que circulan por la glorieta, medida que influyó en una reducción de un 40% en la accidentalidad (Gasulla, 2011)

En el año de 1971 fueron creadas las primeras guías de diseño para las rotondas por parte del Ministerio de Transporte del Reino Unido que recomendó que se incrementen las capacidades en grandes rotondas entre un 10 y 50 %, reduciendo la dimensión de la isleta central para acercar la línea de ceda el paso a la calzada anular y aumentar el ingreso a las rotondas.

**Ilustración 4:**Redondel Antiguo y en la Actualidad.



**Fuente:** (Gasulla, 2012).

En los años 70, la estructura fue construida en Australia y en varias ciudades de Francia, para posteriormente, en los años 80, empezar a ser emplazadas en prácticamente todos los países del mundo.

Más tarde, en el año de 1984, se presentó en Gran Bretaña los requisitos para una curvatura en la entrada y el concepto de una nueva rotonda las misma que requieren de 3 requisitos principales estos son (Gasulla, 2011):

- Prioridad del tráfico interior. - todos los vehículos que vayan a ingresar a la rotonda están obligados de dar preferencia a los que se encuentren en la misma.

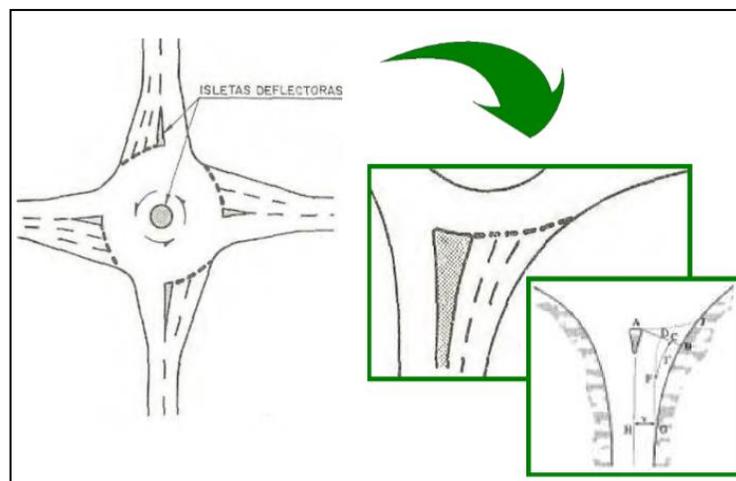
**Ilustración 5:** Prioridad del tránsito interior.



**Fuente:** (Gasulla, 2011).

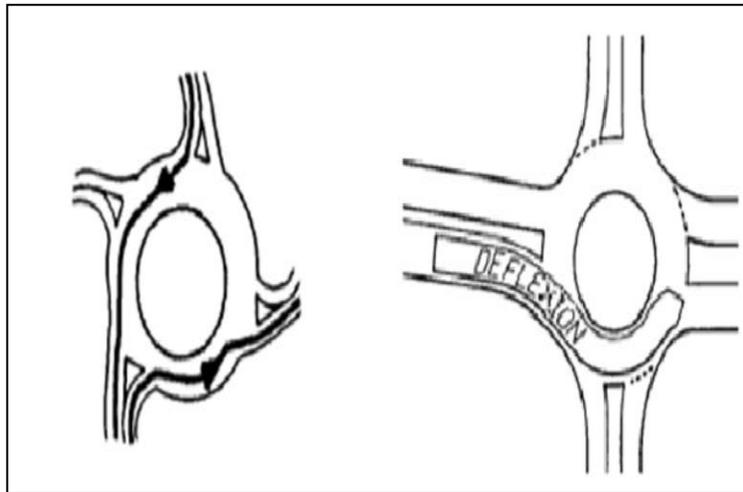
- Abocinamiento en la entrada. - se permite que ingresen un gran número de vehículos en las rotondas formando un ángulo más obtuso.

**Ilustración 6:** Abocinamiento en la entrada.



**Fuente:** (Gasulla, 2011).

- Deflexión. - para controlar la velocidad de circulación de los vehículos en la rotonda se realiza a través de la curvatura del ángulo de las isletas de entrada y una isleta central.

**Ilustración 7:** Deflexión.

**Fuente:** (Gasulla, 2011).

### **2. 1.2 Conceptos de las Rotondas**

Una rotonda es la que está formada por una isla central y rodeada por una calzada circular con sentido de circulación anti-horaria en donde se une con varias calles y avenidas según (Gasulla, 2011).

Todos los vehículos que pretenden ingresar a la rotonda deben dar preferencia a los que se encuentren dentro de la misma.

La Norma Ecuatoriana de Contrucción (NEC) nos indica que las rotondas son creadadas o diseñadas en lugares donde se intersectan dos o mas vías, y donde se ha presentado inconvenientes con el congestionamiento vehicular que se entiende como la obstrucción del paso al existir un número de vehiculos mayor al proyectado para la vía y que, además, avanzan de manera lenta e irregular (Bull, 2002).

**Ilustración 8:** Rotonda Naciones Unidas El Salvador.



**Fuente:** (Gasulla, 2011).

Cuando el flujo vehicular aumenta, los vehículos adicionales comienzan a entorpecer el flujo de los demás ocasionando el fenómeno que se conoce como “congestión”, (Bull, 2002).

Según el artículo “La Accidentabilidad en las Intersecciones Tipo Rotondas” de (Ortega, 2016 ) indica que las rotondas bien construidas son de gran ayuda, exponiendo ventajas de las mismas para cumplir con diferentes objetivos, básicamente de una adecuada movilidad.

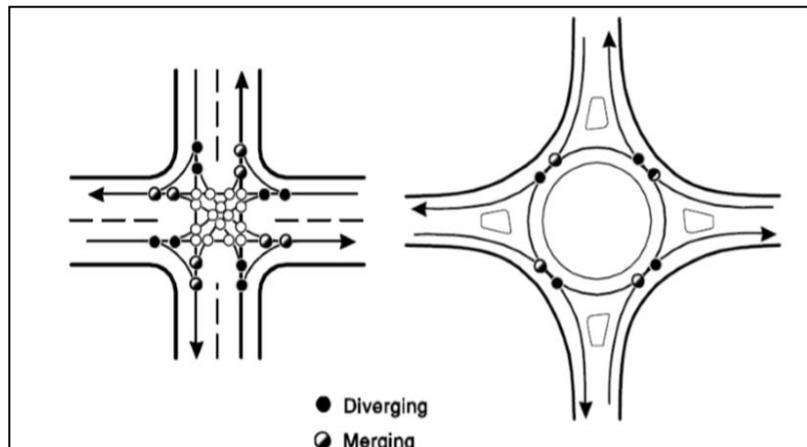
### **2.1.3 Ventajas y Desventajas de las Rotondas**

#### **2.1.3.1 Ventajas**

- Una de las ventajas más importantes que presenta una rotonda es la capacidad de disminuir el índice de accidentes, pues el nivel de seguridad de este tipo de construcción es mayor que una intersección normal. Es decir, se evita que los

vehículos se crucen a  $90^\circ$ , y, por otro lado, no se pueden realizar giros a la izquierda.

**Ilustración 9:** Reducción de puntos de conflicto



**Fuente:** La accidentalidad en las intersecciones tipo rotondas, (Ortega, 2016 ).

- Las rotondas pueden reducir el tiempo de espera de una intersección porque solucionan satisfactoriamente el cruce de más de cuatro vías en las cuales es inadmisibles un congestionamiento vehicular en las horas pico.
- Las rotondas ofrecen a los peatones más seguridad ya que existen islas deflectoras que les permiten el paso.
- Con relación a los costos de las rotondas en función al tamaño, puede resultar más barata en relación a una intersección normal.

### 2.1.3.2 Desventajas

- Cuando las rotondas son recién construidas pueden provocar un sinnúmero de accidentes debido a la poca socialización de este tipo de proyectos. De igual manera pueden existir una serie de problemas con los usuarios vulnerables,

como ciclistas, peatones, ya que las rotondas no permiten determinar un periodo de cruce para los usuarios.

- Las rotondas ocupan una mayor cantidad de suelo para su implementación que las intersecciones normales, como resultado el coste de puede ser más elevado que en una intersección normal.

#### **2.1.4 Tipos de Rotondas**

Existen diferentes tipos de rotondas que se enfocan al medio donde van a ser construidas, dependiendo de las características físicas y señalización existente, como el caso de semáforos. A continuación, se hablará de los tipos de rotondas:

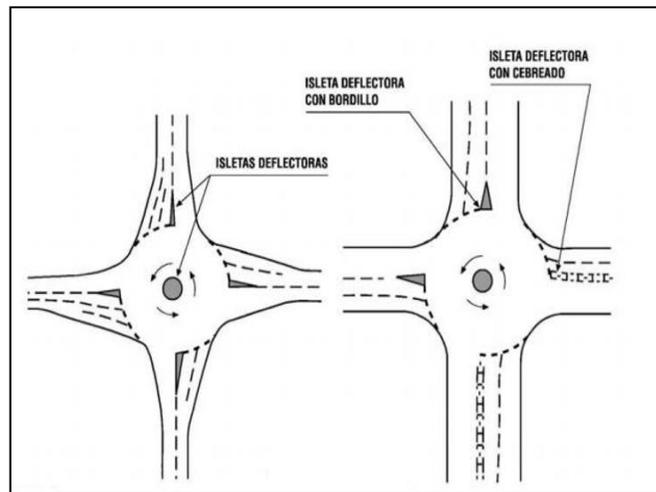
##### **2.1.4.1 Mini Rotondas**

Estos tipos de rotondas son ubicados en zonas urbanas de baja velocidad en donde la circulación de vehículos pesados es mínima. Estas rotondas son elementos separadores de flujo, formado por una isla central máxima de 4 m; son muy simples su costo es bajo y no requieren mantenimiento. (Lee Rodegerdts, 2010 ).

En el ingreso a esta mini rotonda solo se debe mirar hacia la izquierda y ceder el paso a todos los vehículos que se encuentren dentro de la misma.

El principal uso de las mini rotondas es reducir los puntos de congestionamiento vehicular, son utilizadas también para moderar la velocidad en vías largas y en rectas con varias intersecciones.

**Ilustración 10:**Mini Rotonda.



**Fuente:** (Gasulla, 2011).

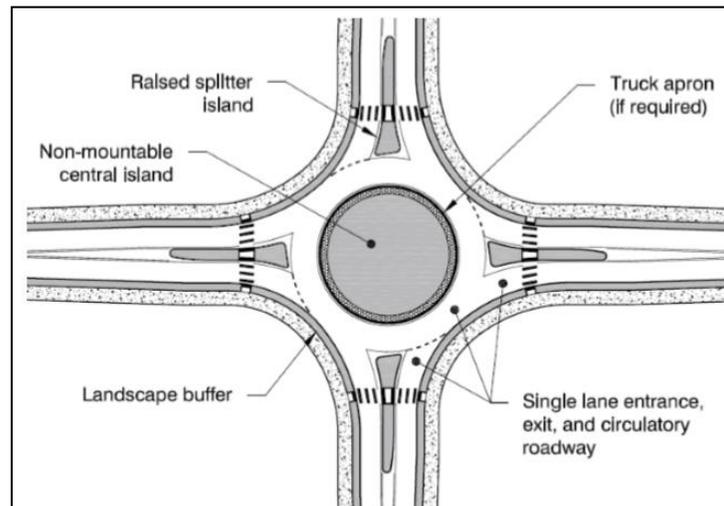
#### 2.1.4.2 Rotondas Normales

Están formadas por una isla central delimitada por soleras y el diámetro mayor a 4 metros, las mismas que al poseer dimensiones mayores son capaces de ofrecer mayor capacidad vial.

Es constituida por islas separadas en las entradas las cuales permiten mayores deflexiones al ingreso que disminuyen la velocidad. Se recomienda que la velocidad para su diseño de entrada sea de 30 – 40 km-h.

Se recomienda que este tipo de construcciones vial tenga de 3 a 4 ramas y a su vez si excede este número se debe construir rotondas dobles.

**Ilustración 11:** Rotondas Normales.



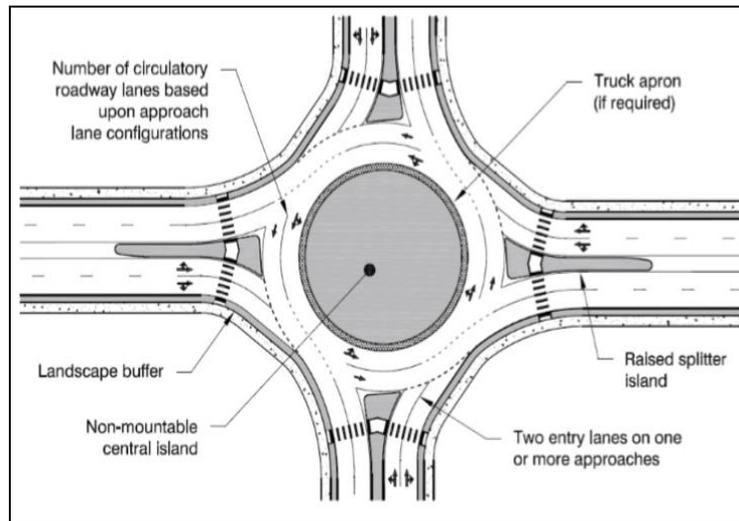
**Fuente:** (Gasulla, 2011).

### 2.1.4.3 Rotondas Múltiples

Se establece que este tipo de rotondas están formadas por dos rotondas normales o mini rotondas. Está formada por los menos en una de sus entradas con dos o más carriles de aproximación de igual manera de circulación. El diámetro varía entre 46-91 m, constituida por islas separadas que generan deflexión en la entrada para poder reducir la velocidad.

De igual manera este tipo de rotondas ayudan a general un refugio para el paso de peatones.

Son utilizadas para resolver intersecciones asimétricas, de planta muy esviada y rotondas normales con excesiva ocupación.

**Ilustración 12:** Rotonda Múltiple.

**Fuente:** (Gasulla, 2011).

### 2.1.5. Composición del Tránsito

Para el diseño de las carreteras se debe considerar las características de operación de los vehículos, que cambian según los diversos tamaños y peso. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

La composición de tránsito es la suma relativa de las distintas clases de vehículos en el tránsito total.

Las clases generales de vehículos son:

#### 2.1.5.1. Vehículos Livianos. -

Están incluidos en estas las motocicletas, los automóviles, camionetas y pickups, con cabida de 8 pasajeros y ruedas sencillas en el eje posterior. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

### 2.1.5.2. Vehículos Pesados. -

Están incluidos los camiones, buses, semirremolques y remolques, superior de cuatro toneladas de peso y doble llanta en las ruedas posteriores. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

### 2.1.6. Capacidad. –

Es el máximo número de vehículos que pueden transitar por un “n” número de carriles de ida como de regreso durante un periodo de tiempo determinado.

A continuación, se habla de cómo se encuentra clasificado los vehículos por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en el cual se utiliza una terminología para clasificar a los vehículos que circulan en nuestro país, a continuación, se indica la terminología utilizada:

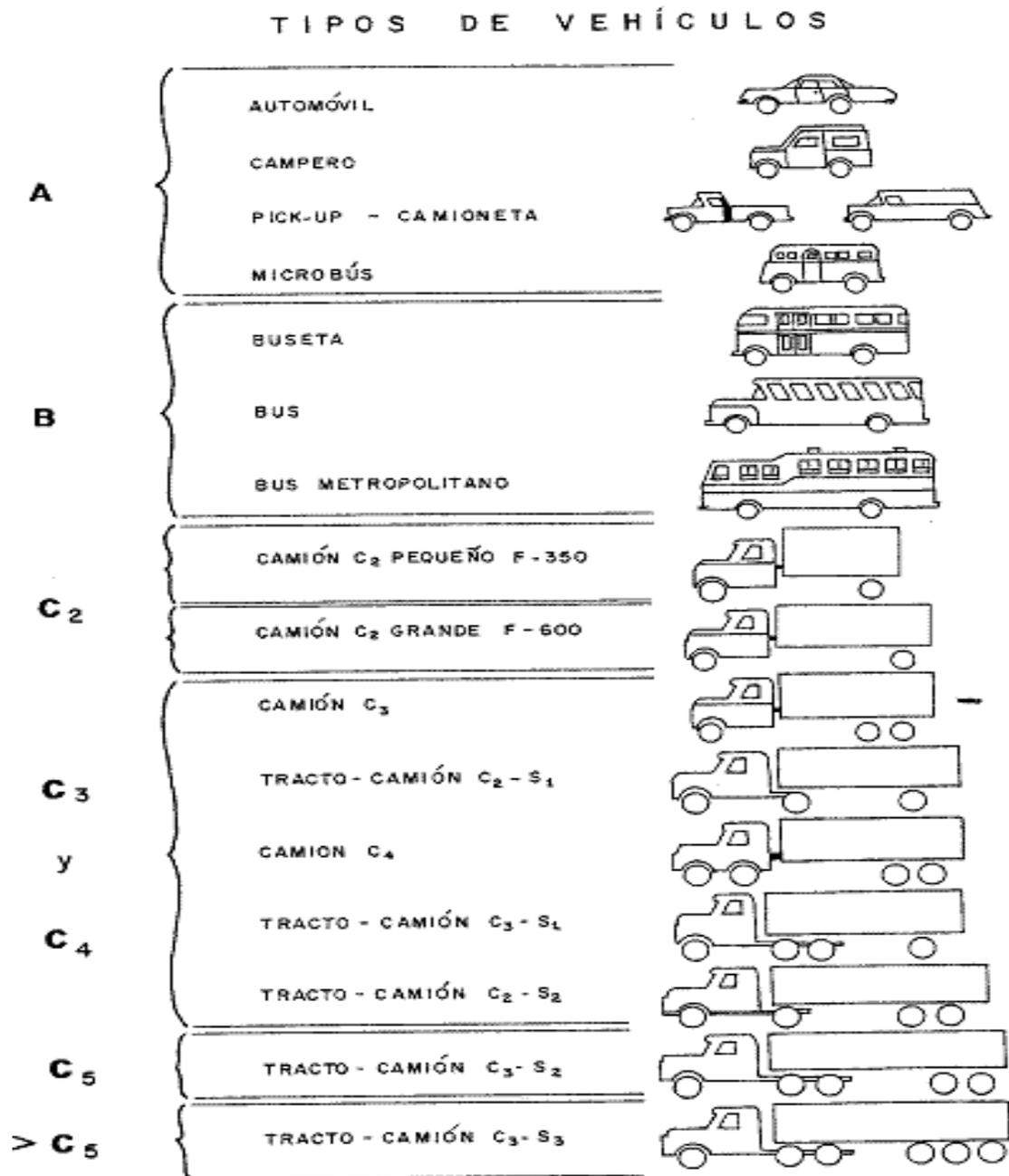
**Tabla 1:** Clasificación de los vehículos.

<i>A</i>	Vehículos livianos
<i>B</i>	Buses
<i>C</i>	Camiones

**Fuente:** (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

Se clasifica el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la siguiente manera:

Ilustración 13: Tipos de Vehículos.



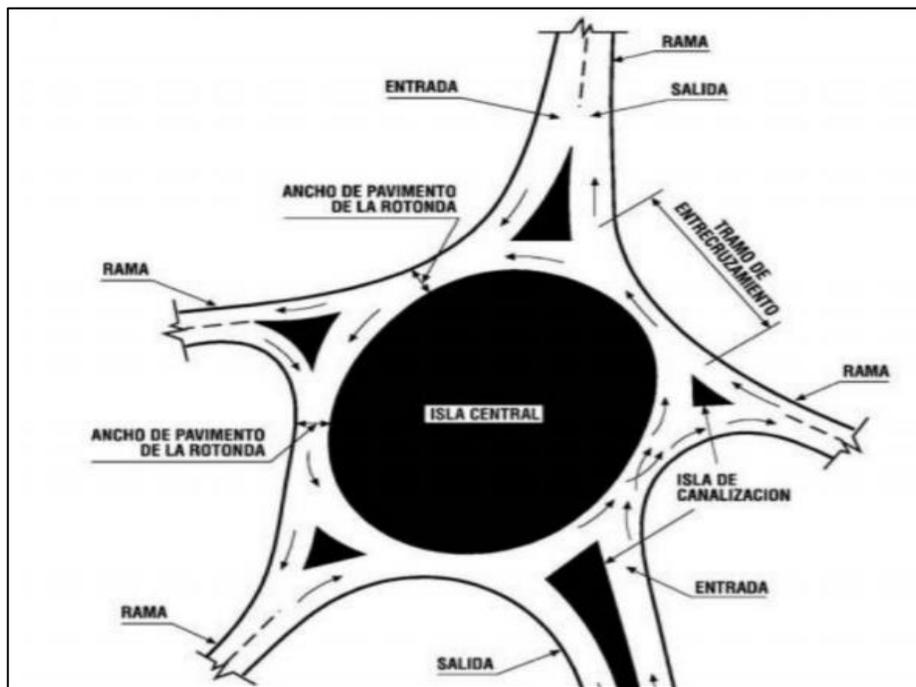
Fuente: Instituto Nacional de Vías (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

## 2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO EN ROTONDAS.

### 2.2.1 Trazo en Planta

los principales elementos de una rotonda normal son el radio mínimo del borde que debe ser de entre 6 y 100m si existe vehículos largos, el ángulo de entrada a la rotonda debe ser de entre 20 a 60 grados y el radio mínimo de salida 40m, de igual manera debe existir abocinamiento de ramas de la entrada. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

**Ilustración 14:** Diseño de una Rotonda



**Fuente:** Ministerio de Obras Públicas, 2012.

### 2.2.2. Pendiente Longitudinal

Las rotondas deben ser ubicadas en planos con pendientes no superiores a 3%, estas pendientes deben combinarse con las transversales para asegurar el drenaje superficial de la calzada. Deben tener como mínimo una pendiente longitudinal de 0.65 % y un mínimo absoluto de 0,5 % (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

### **2.2.3. Perfil Transversal**

La pendiente mínima transversal en la calzada anular es 2% para que de esta manera se pueda asegurar el drenaje superficial.

### **2.2.4. Tasa de Flujo**

Se refiere a la frecuencia con la que transitan los vehículos por la sección transversal de un carril, es la cantidad de vehículos que circulan en un periodo específico.

### **2.2.5 Número de Carriles Necesario en una Rotonda**

Para determinar los numero de carriles necesarios se puede hacer a partir de los flujos vehiculares. Con la suma de los flujos de entrada  $V_e$  y el flujo de circulación  $V_c$  se puede estimar la cantidad de carriles necesarios en la entrada. (Lee Rodegerdts, 2010 )

Si la suma del flujo de entrada más el flujo de circulación es menor a 1000 vehículos/hora la rotonda puede funcionar en un solo carril.

### **2.2.6 Ancho de Aproximación a la Rotonda**

En las rotondas de dos vías se recomienda calcular el ancho de aproximación con la velocidad que va desde 50 – 70 km/h. En el cual con una velocidad de 50 km/h se recomienda un ancho de 3.25m. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

### **2.2.7 Diámetro Inscrito de la Rotonda**

Se recomienda que las rotondas que constan de un solo carril, deben tener un diámetro inscrito de 30 m mínimo. (Lee Rodegerdts, 2010 ).

Para rotondas de dos carriles se recomienda un diámetro de 45m mínimo, y la velocidad más baja de circulación. De igual manera se recomienda utilizar diámetros inscritos pequeños ya que ayudan a mantener la seguridad. (Lee Rodegerdts, 2010 ).

Para los diámetros inscritos mayores proporcionan una mejor geometría de aproximación los mismo que producen una disminución en la velocidad del vehículo. (Lee Rodegerdts, 2010 ).

**Tabla 2:** Rangos Recomendados Para Círculos Inscritos.

Tipo de Rotonda	Vehículo de Diseño	Rango del Diámetro del Circulo Inscrito
Mini rotonda	Un camión	13-25 m
Urbana Compacta	Un camión- Bus	25-30 m
Urbana Un Carril	WB-15	30-40 m
Urbana Dos Carriles	WB-15	45-55 m
Rural Un Carril	WB-20	35-40 m
Rural Dos Carriles	WB-20	55-60 m

**Fuente:** National Cooperative Highway Research Program (Lee Rodegerdts, 2010 ).

### 2.2.8 Isla Central

Es la parte de la rotonda que se encuentra en el centro esta área no es transitable y es ajardinado para mejorar tanto la estética como la visibilidad del conductor. Es de forma circular con una calzada anular de radio constante, de igual manera pueden ser ovaladas o irregular, que resultan más fáciles de manejar permitiendo velocidades altas en zonas rectas. (Lee Rodegerdts, 2010 ).

A continuación, se muestra algunos diámetros e círculos inscritos en una rotonda con su diámetro de isla central correspondiente:

**Tabla 3:** Diámetro de la Isla Central según Diámetro Inscrito.

<b>Diámetro Círculo Inscrito</b>	<b>Diámetro Isla Central</b>
45 m	25.4
50 m	31.4
55 m	36.8
60 m	41.8
65 m	47.6
70 m	52.6

**Fuente:** National Cooperative Highway Research Program (Lee Rodegerdts, 2010 ).

### 2.2.9 Trazado De Los Accesos De Entrada

Para realizar en ingreso a una rotonda se recomienda agregar al menos un carril adicional en las ramas de entrada, se recomienda que no sean más de dos accesos de dos carriles y doble sentido de circulación, ni más de cuatro en accesos de más de una pista por sentido. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

La longitud mínima de las pistas adicionales para zonas urbanas es de 5m y para zonas rurales son de 25m. con un ancho mínimo para las pistas de entrada es de 2.5m, en el caso de tres pistas de 3,33m.

### **2.2.10 Isla Deflectora**

Este elemento sirve como refugio para los peatones, de igual manera ayuda al control del tráfico y para separar los flujos de entrada y salida. Se recomienda que tenga como largo 15m para prever la seguridad de los peatones como también advierte a los conductores que se aproximan a una rotonda. (Lee Rodegerdts, 2010 ).

## **2.3 TRÁNSITO**

Para realizar el diseño de una carretera se deben analizar los datos reales del tránsito, que incluyen los vehículos y los usuarios. Ya que el tránsito nos da a conocer para qué servicio se va construir la vía y que afectan las características geométricas del diseño, (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

### **2.3.1 Volumen de Tránsito**

Se considera que para realizar un análisis de volumen de tránsito se analizar algunos conceptos.

#### **2.3.1.1 Volumen de la Hora Pico**

Es el volumen mayor registrado durante un lapso de los vehículos que circulan por la carretera.

Para determinar el volumen de tránsito se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{N}{T} \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$Q$  = vehículos que pasan por unidad de tiempo.

$N$  = número total de vehículos que pasan.

$T$  = periodo determinado.

### **2.3.2. Volumen de Tránsito Absoluto o Totales**

Se refiere al número de vehículos que circulan en un tiempo determinado; los mismo que dependiendo de la duración se pueden dividir en:

#### **2.3.2.1. Tránsito Anual (TA). –**

Se entiende como tránsito anual a la cantidad total de vehículos que transitan durante un año. (Rafael, 2007).

#### **2.3.2.2. Tránsito Mensual (TM). –**

Se refiere a la cantidad de vehículos que transitan durante un mes. (Rafael, 2007).

#### **2.3.2.3. Tránsito Semanal (TS). –**

Se define como la cantidad de vehículos que transitan durante una semana. (Rafael, 2007).

#### **2.3.2.4. Tránsito Diario (TD). –**

Se entiende como la cantidad de vehículos que transitan durante un día. (Rafael, 2007).

### 2.3.2.5. Tránsito Horario (TH). –

Se refiere como la cantidad de vehículos que transitan en una hora. (Rafael, 2007).

### 2.3.3. Volumen de Tránsito Promedio Diario

Es la cantidad de vehículos que transitan en un tiempo determinado, igual o menos de un año, pero mayor a un día, dividido para el número de días del periodo, se expresa de la siguiente manera:

$$\text{TPD} = \frac{N}{1 \text{ día} < T \leq 1 \text{ año}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$N$  = es la cantidad de vehículos que transitan durante  $T$  días.

A continuación, se presenta los volúmenes de tránsito promedio diario de acuerdo al número de días del periodo:

#### 2.3.3.1. Volumen de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

El TPDA es el volumen de tránsito promedio por día es decir es la cantidad de vehículos que transitan por la carretera durante un año dividido por 365. Por eso es necesario conocer este valor para determinar la cantidad de vehículos que circulan durante un año, para establecer los elementos estructurales y funcionales de las carreteras. (Rafael, 2007). Se expresa de la siguiente manera:

$$\text{TPDA} = \frac{TA}{365} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$TA$  = Tránsito anual

**2.3.3.2. Tránsito Promedio Diario Mensual se define como:**

$$TPDM = \frac{TM}{30} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$TM$  = Tránsito mensual

**2.3.3.3. Tránsito Promedio Diario Semanal se define como:**

$$TPDM = \frac{TS}{7} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$TM$  = Tránsito semanal

## **2.4. NIVEL DE SERVICIO**

El Highway Capacity Manual (HCM 2000) podemos identificar seis niveles de servicio representados por las letras A hasta la F, en el cual el nivel de servicio A nos ofrece un flujo vehicular completamente libre, en cambio en nivel de servicio F presentan problemas es un flujo forzado.

El diseñador debe escoger el nivel de servicio que mejor se adecua a la realidad del proyecto a desarrollar. Uno de los criterios a analizar es que el nivel de servicio que para su diseño debe ser superior que el flujo de tránsito durante un tiempo de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño. (Transportation Research Board, 2000).

El nivel de servicio detalla un rango operativo de diferentes tipos de carreteas o tramos, que son los que delimitan el número de condiciones de operación que puede ocurrir en un carril, es una medida cuantitativa del efecto de una serie de factores que pueden ser:

- Velocidad
- Tiempo de recorrido
- Interrupciones de tránsito
- Libertad de manejo
- Comodidad
- Costos de operación

Un carril proyectado para un determinado nivel de servicio opera en diferentes niveles conforme varía en un tiempo establecido pudiendo ser de horas hasta años.

A continuación, se hablará acerca de los diferentes niveles de servicio.

- **2.4.1 Nivel de servicio “A”**

Este tipo de nivel de servicio nos ofrece un flujo libre de vehículos y con altas velocidades de operación (90km/h).

El aplazamiento de los conductores no es mayor al 35% del total del periodo de viaje, la razón del flujo en ambas direcciones es de 490veh/h.

La distancia media de los vehículos es de 134 m, que es igual a la longitud de 22 vehículos, dando como resultado un buen nivel de comodidad al conductor (Transportation Research Board, 2000).

**Ilustración 15:** Nivel de Servicio A.



**Fuente:** Highway Capacity Manual (Transportation Research Board , 2000).

- **2.4.2 Nivel de servicio “B”**

De igual manera que el nivel de servicio A, nos ofrece un flujo libre de tránsito, en el cual la velocidad comienza a restringirse a 80km/h.

La demora de los conductores no es mayor al 50%, la razón del flujo total en entre las direcciones es de 780 veh/h.

La distancia media entre los vehículos es de 79m, equivalente a la longitud de 13 ligeros, en donde la comodidad de los conductores es alta. (Transportation Research Board, 2000).

**Ilustración 16:** Nivel de Servicio B.



**Fuente:** Highway Capacity Manual. (Transportation Research Board , 2000).

- **2.4.3 Nivel de servicio “C”**

Este nivel de servicio permanece en una zona estable, pero comienza a sentirse restricción en su libertad para estimar su velocidad a 70km/h.

El recorrido de los conductores alcanza el 65% del total del transcurso del viaje y la razón del flujo entre las direcciones es de 1190 veh/h.

La distancia medio entre los vehículos es de 53m, o 9 longitudes de coche (Transportation Research Board, 2000).

**Ilustración 17:** Nivel de Servicio C.



**Fuente:** Highway Capacity Manual. (Transportation Research Board , 2000).

- **2.4.4 Nivel de servicio “D”**

Este nivel de servicio se aproxima a un flujo inestable, tiene poca libertad para maniobrar, la velocidad se encuentra a 60km/h.

El transcurso de los conductores alcanza el 80% del total del tiempo de viaje y la razón del flujo entre las direcciones es de 1830 veh/h (Transportation Research Board, 2000).

**Ilustración 18:** Nivel de Servicio D.



**Fuente:** Highway Capacity Manual. (Transportation Research Board , 2000).

- **2.4.5 Nivel de servicio “E”**

En este nivel de servicio se presenta un flujo inestable ocasionando congestionamiento vehicular, se registra una velocidad de 40km/h.

El recorrido de los conductores es mayor al 80% del total del tiempo de viaje (Transportation Research Board, 2000).

**Ilustración 19:** Nivel de Servicio E.



**Fuente:** Highway Capacity Manual. (Transportation Research Board , 2000).

- **2.4.6 Nivel de servicio “F”**

En este tipo de nivel el flujo vehicular se encuentra afectado, existe congestión vehicular (Transportation Research Board, 2000).

**Ilustración 20:** Nivel de Servicio F.



**Fuente:** Highway Capacity Manual. (Transportation Research Board , 2000).

## **2.5. CONTEO VEHICULAR**

El conteo vehicular es una muestra de los volúmenes de tránsito para un periodo determinado, que tiene por objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto determinado.

A continuación, vamos a hablar acerca de algunos tipos de aforos vehiculares:

### **2.5.1. Aforos Manuales. –**

Este tipo de aforos se refiere al registro de los vehículos realizando trazos en un papel o a través de contadores manuales, en los cuales es probable obtener datos que no pueden ser adquiridos por otros medios, se clasifica a los vehículos por tipo, los que realizan giros, estos conteos pueden ser realizados

cada 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. (Rafael, 2007).

### **2.5.2. Aforos Mecánicos. –**

Se refieren a instrumentos para elaborar los registros de los vehículos no es necesario contar con personal, estos instrumentos se basan en principios como el de la célula fotoeléctrica, presiones en planchas especiales o por medio de detectores magnéticos o hidráulicos.

## **2.6. SOFTWARE**

A continuación, se va a hablar acerca de los algunos softwares que se utilizaran para el modelar los redondeles ubicados en la Vía Rápida Azogues - Cuenca:

### **2.6.1. SIDRA**

Este tipo de software fue diseñado en 1984, a partir de ahí se ha ido actualizando según las necesidades de los usuarios; este software nos permite analizar intersecciones, nivel de servicio y análisis de rendimiento.

Es un programa que se utiliza como microsimulación de tráfico que se emplea modelos de carril a carril y de ciclos de circulación de vehículos.

Sidra admite el modelado independiente de las distintas clases de movimientos, con distintas características de vehículos.

Este tipo de software es común para rotondas de un solo carril y de diversos; el mismo que está reconocido por Highway Capacity Manual, Guía TRB FHWA de Rotondas y otras

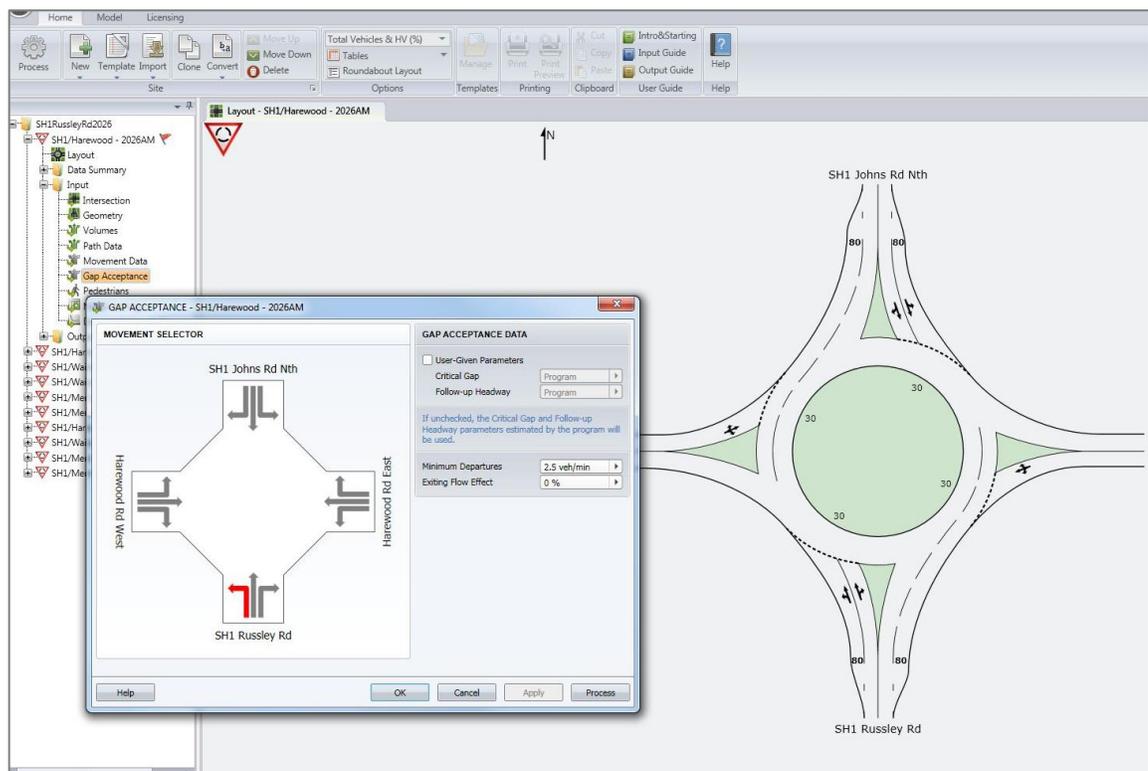
guías locales de rotondas de EE.UU., y las guías AUSTRROADS de Australia y Nueva Zelanda (Improved Workflow Efficiency & Quicker Network Model Processing, s.f.).

Sidra nos permite comparar el diseño de rotondas semaforizadas y controladas por señales. De igual manera relaciona los efectos del comportamiento de los conductores, los factores de geometría de la rotonda sobre la capacidad y el nivel de servicio.

Este software es apropiado para el diseño de rotondas de diversos carriles ya que es un el único que utiliza metodologías de estudio carril por carril que se usa en carriles de aproximación como de circulación (Improved Workflow Efficiency & Quicker Network Model Processing, s.f.).

Reconoce los conflictos que ocurren una vez que a sido const0ruido la rotonda.

**Ilustración 21:** Sidra Software



**Fuente:** (Improved Workflow Efficiency & Quicker Network Model Processing, s.f.).

### 2.6.2. AIMSUN

Este software se enfoca en algoritmos, software y conocimientos operativos para aplicaciones de movilidad en planificación estratégica de transporte y gestión de movilidad.

Aimsun aprovecha las innovaciones, ya sea modelando la interacción de vehículos públicos y privados, simulando el rol de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, probando la viabilidad de los vehículos autónomos, dando a conocer a los usuarios información sobre opciones de transporte multimodal más inteligentes.

Aimsun desarrolla un software que simula los flujos de tráfico futuro en la fase de planificación de proyectos de construcción.

Según los datos obtenidos en el mismo ayuda a los usuarios a tomar decisiones más eficientes para realizar los proyectos.

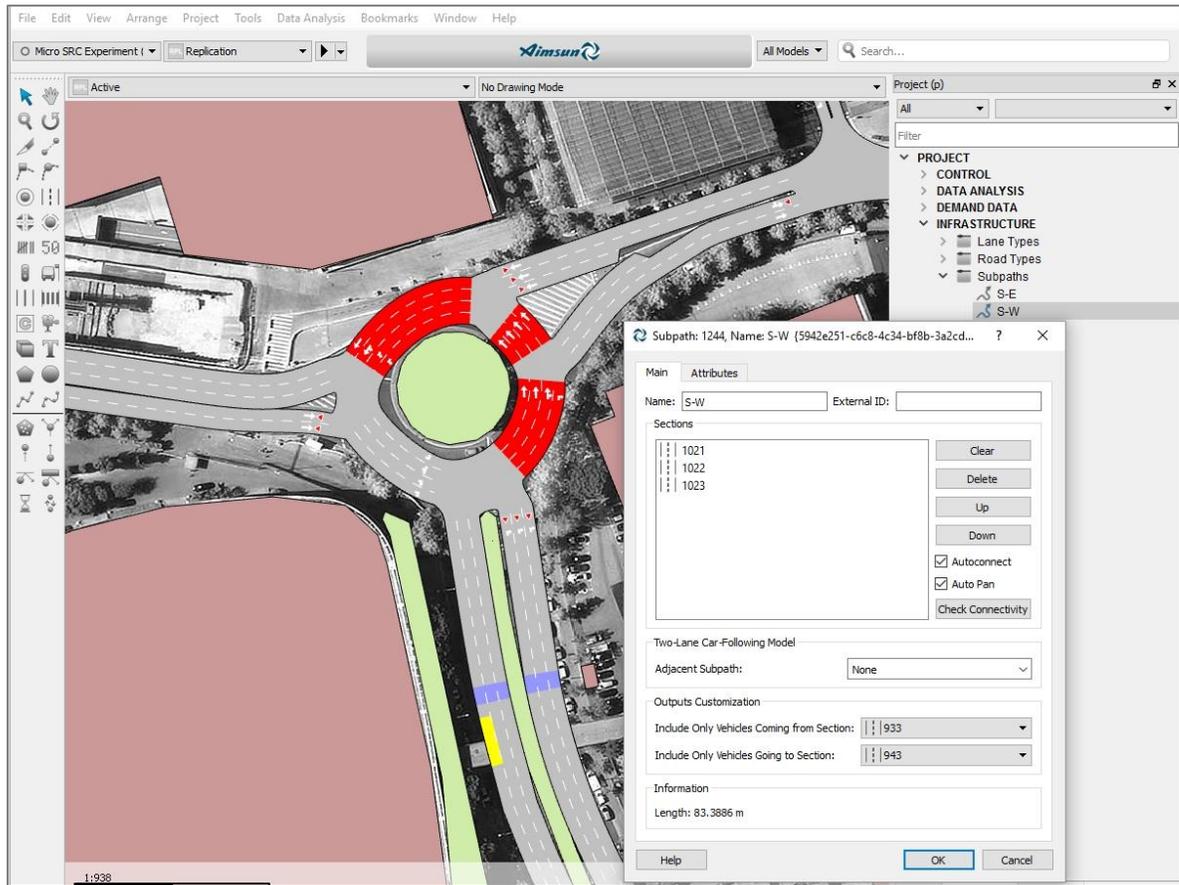
Aimsun ha desarrollado una solución de software que utiliza datos en tiempo real para ayudar a optimizar los flujos de tráfico y predecir, así como evitar la congestión vehicular. (SS-Transport Simulation Systems, s.f.).

Se conoce dos aplicaciones de este software de alto rendimiento:

**Aimsun Next.** - es una plataforma de modelado completamente integrada que simula patrones de tráfico futuros al representar necesidades individuales y opciones de transporte disponibles (SS-Transport Simulation Systems, s.f.).

**Aimsun Live.** - es una herramienta de apoyo a las decisiones que se utiliza para predecir los resultados del tráfico mediante la simulación de las condiciones proyectadas basadas en la historia y en tiempo real (SS-Transport Simulation Systems, s.f.).

**Ilustración 22:** Aimsun Software.



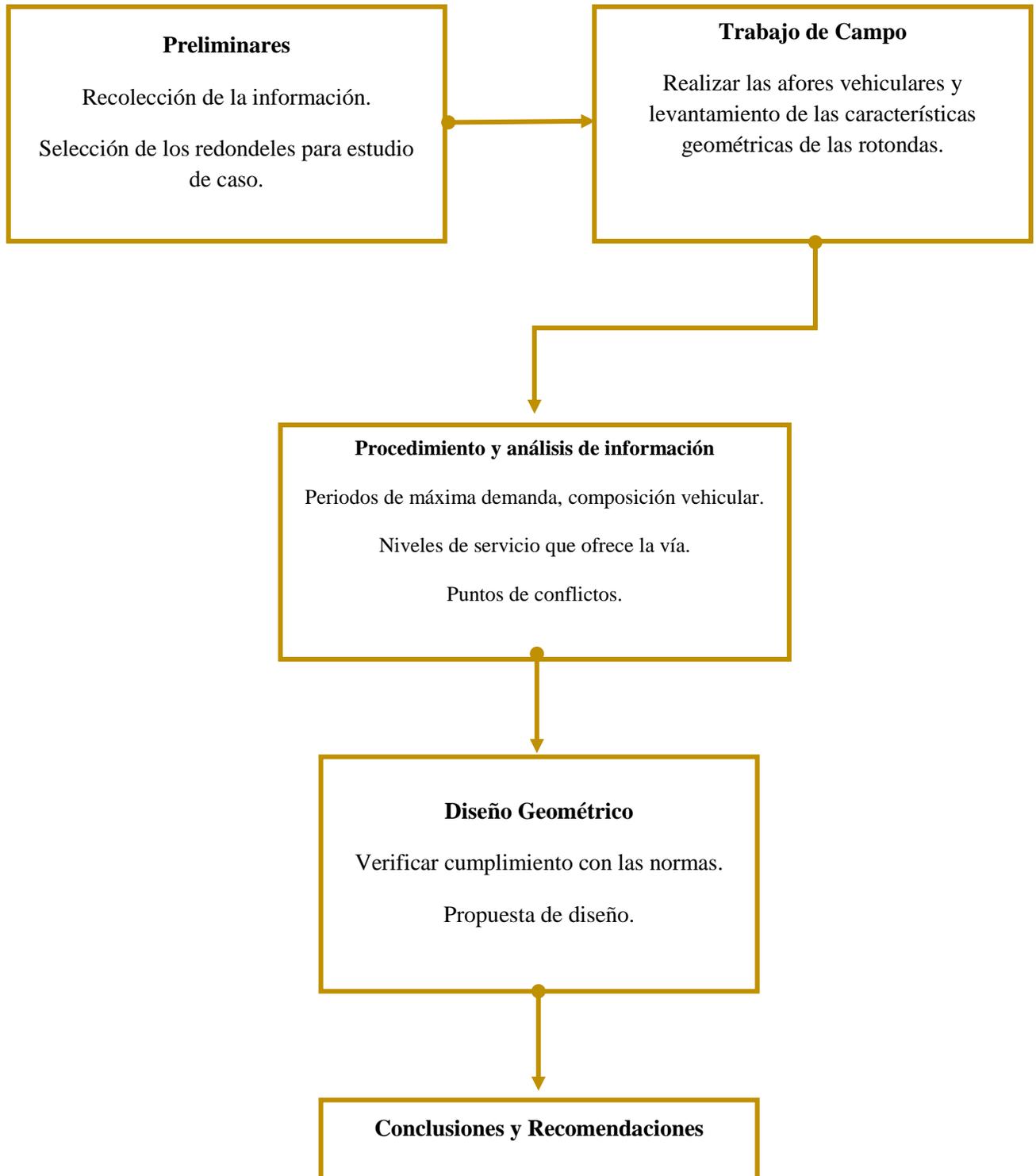
**Fuente:** (SS-Transport Simulation Systems, s.f.).

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA**

Como se mencionó anteriormente esta investigación se centrará en las rotondas ubicadas en la Autopista Azogues – Cuenca, desde el sector de Bellavista hasta Zhullín. Se procedió a un estudio y análisis para conocer el nivel de servicio que ofrecen las mismas, se realizaron conteos manuales clasificados por tipo de vehículo de acuerdo con hojas de conteo previamente establecidos en el transcurso de 12 horas diarias durante una semana. Una de las primeras fuentes utilizadas para realizar el análisis de rotondas fue el Highway Capacity Manual (Transportation Research Board, 2000).

La metodología propuesta se presenta esquemáticamente en la siguiente **Mapa Conceptual 1**:



**Fuente:** Autora.

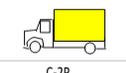
Para la ejecución de la investigación se realizó primero una visita de campo, la recopilación de los datos necesarios acerca del tráfico y señalización.

### **3.1 Conteo de Trafico Manual**

Para categorizar los diferentes tipos de vehículos se realizaron conteos manuales de acuerdo con una hoja de conteo manual, los mismo que fueron tomados en las tres rotondas con estos resultados se obtuvo la composición del tráfico.

Los datos serán tabulados en la hoja de campo que se presenta en la Ilustración 21:

**Ilustración 23: Conteo Vehicular**

HOJA DE CAMPO CONTEO VEHUCULAR																						
1. Contador Josue Caceres											Cuestionario No				1							
2. Fecha 3 0 0 8 1 8					Dia de la semana Jueves				Estacion Lugar Redondel Sector La Dolorosa		Sentido de Trafico				Ida Norte - Sur							
HORA	MOTOS		LIVIANOS		TAXIS		BUSETA		BUS		CAMIÓN PEQUEÑO		CAMIÓN MEDIANO		CAMIÓN PESADO		SEMI REMOLQUE		REMOLQUE		TOTAL	
																						
	GIROS		GIROS		GIROS		GIROS		GIROS		GIROS		GIROS		GIROS		GIROS		GIROS			
	↑	↻	↑	↻	↑	↻	↑	↻	↑	↻	↑	↻	↑	↻	↑	↻	↑	↻	↑	↻		
7:00 - 7:30																						
7:30 - 8:00																						
8:00 - 8:30																						
8:30 - 9:00																						
9:00 - 9:30																						
9:30 - 10:00																						
10:00 - 10:30																						
10:30 - 11:00																						
11:00 - 11:30																						
11:30 - 12:00																						

Fuente: Autora.

A continuación, se prestará la ubicación exacta de las tres rotondas y cómo se llevaron a cabo los respectivos conteos vehiculares, que se realizaron durante 12 horas desde las 7:00h am hasta las 19:00H, pm ya que es importante conocer cómo aportan cada uno de los accesos al tráfico en la rotonda de igual manera identificar el tráfico para cada movimiento.

A continuación, presenta el flujo vehicular realizado a partir de día Jueves 30 de Agosto del 2018 hasta el día Miércoles 5 de Septiembre del 2018.

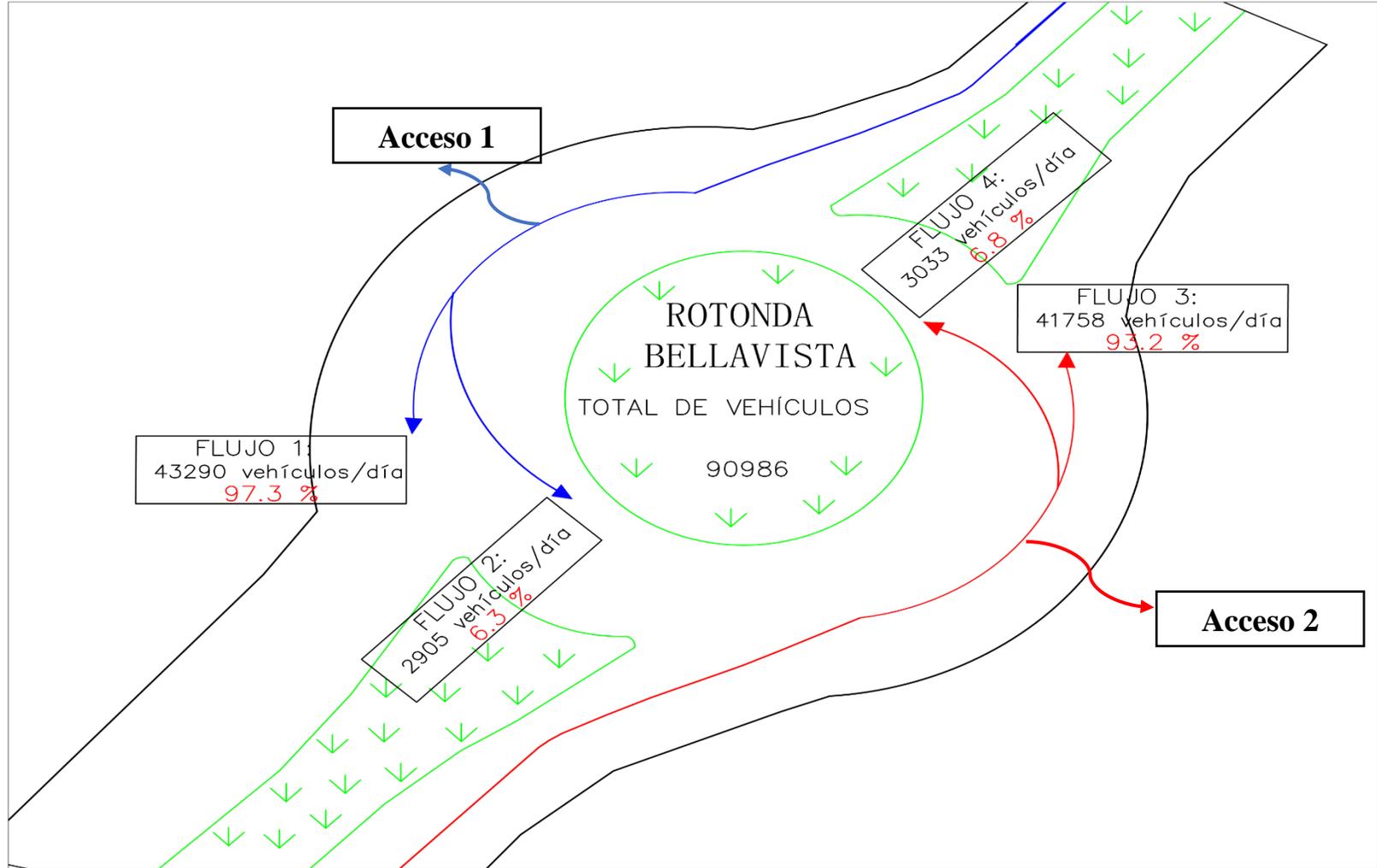
**Tabla 4:** Tráfico del Flujo de la Rotonda de Bellavista.

<b>RESUMEN BELLAVISTA</b>					
<b>ACCESO 1</b>	<b>Veh mix/semana</b>	<b>%</b>	<b>ACCESO 2</b>	<b>Veh mix/semana</b>	<b>%</b>
<b>Flujo 1</b>	43290	93,7	<b>Flujo 3</b>	41758	93,2
<b>Flujo 2</b>	2905	6,3	<b>Flujo 4</b>	3033	6,8
<b>Total Parcial</b>	46195	100	<b>Total Parcial</b>	44791	100,0
<b>Porcentaje</b>	50,8	%	<b>Porcentaje</b>	49,2	%
<b>TOTAL</b>	<b>90986</b>				

**Fuente:** La Autora.

Como se puede observar a continuación el acceso 1 es el que aporta mayor cantidad de tráfico a la rotonda con un 50.8 %; el acceso 2 aporta con un 49.2%. en lo que representa a los giros poseen cantidades de tráfico mínimos.

Ilustración 24: Rotonda de Bellavista.



Fuente: La Autora.

El conteo realizado como se indicó anteriormente se ejecutó en periodos de 30 minutos, a partir de estos datos es posible determinar cuál es el horario de máxima demanda.

A continuación, presentaremos el flujo vehicular de la rotonda ubicada en la Dolorosa.

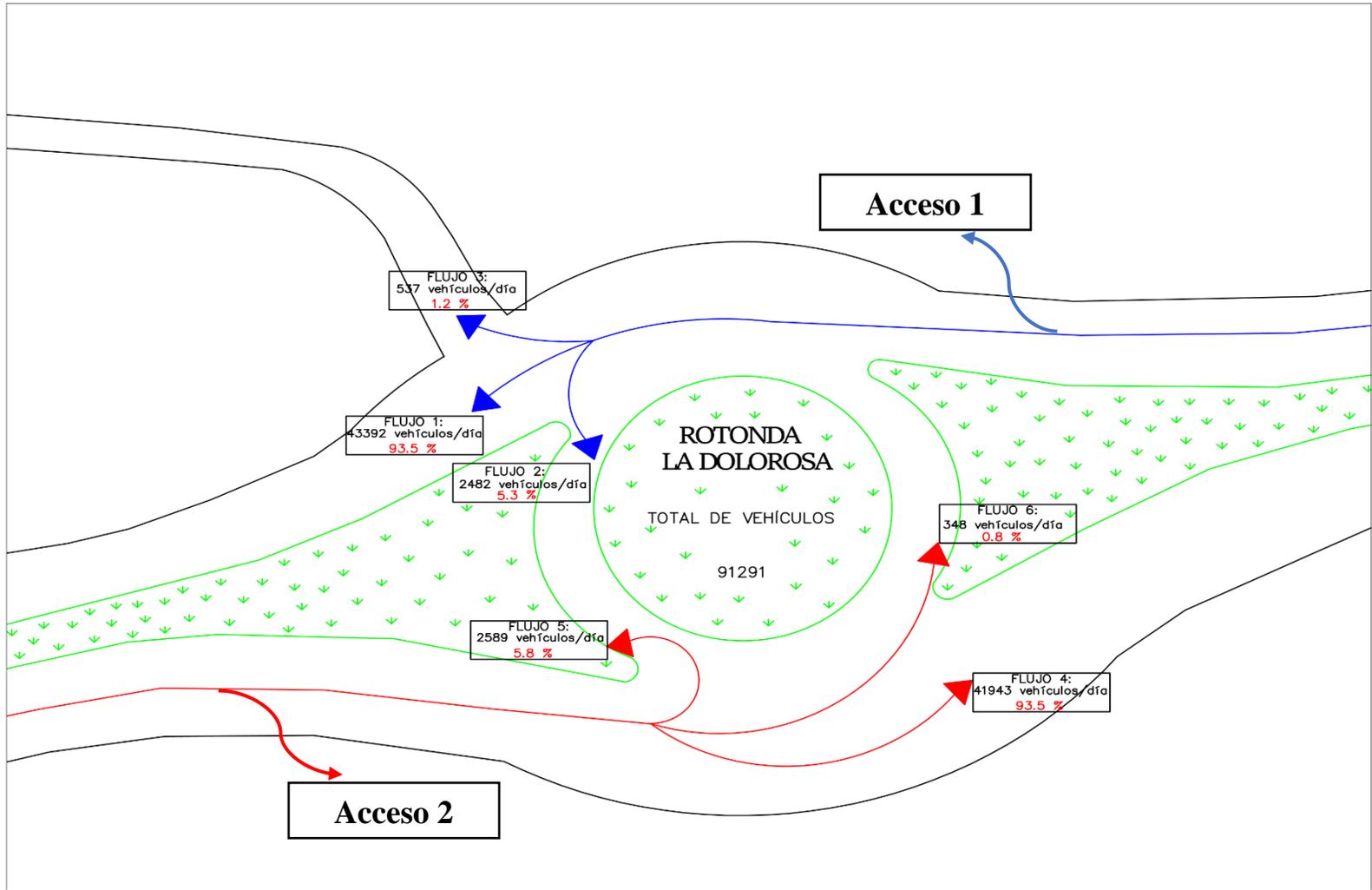
**Tabla 5:** Tráfico del Flujo de la Rotonda la Dolorosa.

<b>RESUMEN DOLOROSA</b>					
<b>ACCESO 1</b>	<b>Veh mix/semana</b>	<b>%</b>	<b>ACCESO 2</b>	<b>Veh mix/semana</b>	<b>%</b>
<b>Flujo 1</b>	43392	93,5	<b>Flujo 4</b>	41943	93,5
<b>Flujo 2</b>	2482	5,3	<b>Flujo 5</b>	2589	5,8
<b>Flujo 3</b>	537	1,2	<b>Flujo 6</b>	348	0,8
<b>Total Parcial</b>	46411	98,84	<b>Total Parcial</b>	44880	99,2
<b>Porcentaje</b>	50,8	%	<b>Porcentaje</b>	49,2	%
<b>TOTAL</b>	<b>91291</b>				

**Fuente:** La Autora.

Como se puede observar a continuación el acceso 1 es el que aporta mayor cantidad de tráfico a la rotonda con un 50.8 %; el acceso 2 aporta con un 49.2%. en lo que representa a los giros poseen cantidades de tráfico mínimos.

Ilustración 25: Rotonda la Dolorosa.



Fuente: La Autora .

Por último, se presentará el flujo ubicado en la rotonda de Zhullín.

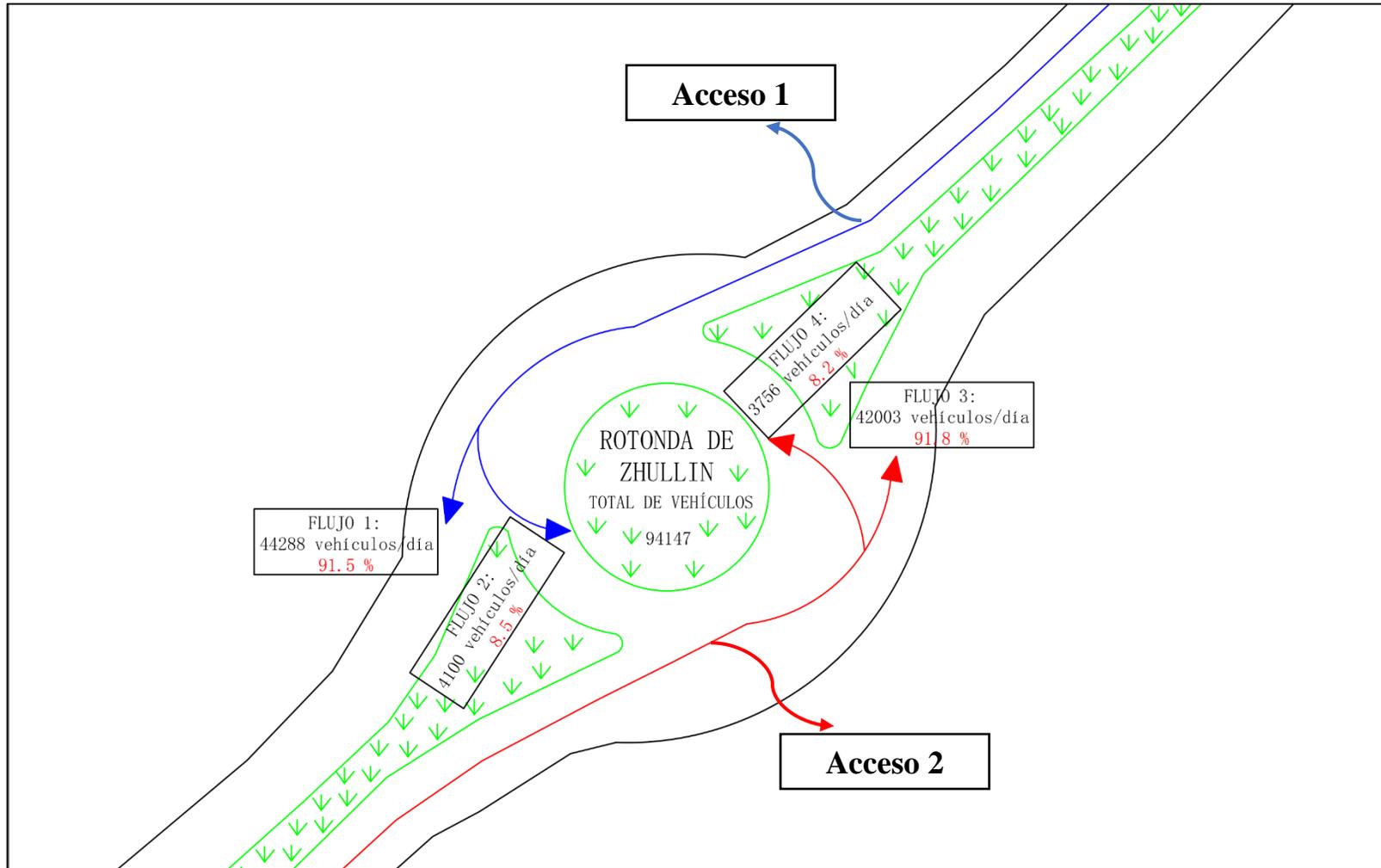
**Tabla 6:** Tráfico del Flujo de la Rotonda de Zhullín.

<b>RESUMEN ZHULLIN</b>					
<b>ACCESO 1</b>	<b>Veh mix/semana</b>	<b>%</b>	<b>ACCESO 2</b>	<b>Veh mix/semana</b>	<b>%</b>
<b>Flujo 1</b>	44288	91,5	<b>Flujo 3</b>	42003	91,8
<b>Flujo 2</b>	4100	8,5	<b>Flujo 4</b>	3756	8,2
<b>Total Parcial</b>	48388	100	<b>Total Parcial</b>	45759	100,0
<b>Porcentaje</b>	51,4	%	<b>Porcentaje</b>	48,6	%
<b>TOTAL</b>	<b>94147</b>				

**Fuente:** La Autora.

Como se puede observar a continuación el acceso 1 es el que aporta mayor cantidad de tráfico a la rotonda con un 51.4 %; el acceso 2 aporta con un 48.6%. en lo que representa a los giros poseen cantidades de tráfico mínimos.

**Ilustración 26:** Rotonda de Zhullín.



**Fuente:** La Autora.

Los resultados que se obtuvo luego de realizar los conteos manuales en las tres rotondas son las siguientes:

**Tabla 7:** Resultado de Vehículos Transitado en las Rotondas.

<b>Fechas Realizadas el Aforo</b>	<b>Vehículos Transitados</b>	<b>Unidades</b>
Jueves 30 de Agosto	40029	Vehículos mix/ dia
Viernes 31 de Agosto	39432	Vehículos mix/ dia
Sabado 1 de Septiembre	39559	Vehículos mix/ dia
Domingo 2 de Septiembre	37610	Vehículos mix/ dia
Lunes 3 de Septiembre	40430	Vehículos mix/ dia
Martes 4 de Septiembre	39817	Vehículos mix/ dia
Miercoles 5 de Septiembre	39547	Vehículos mix/ dia

**Fuente:** Autora.

### **3.2.Volumen de tránsito**

#### **Volumen Diario del Tránsito**

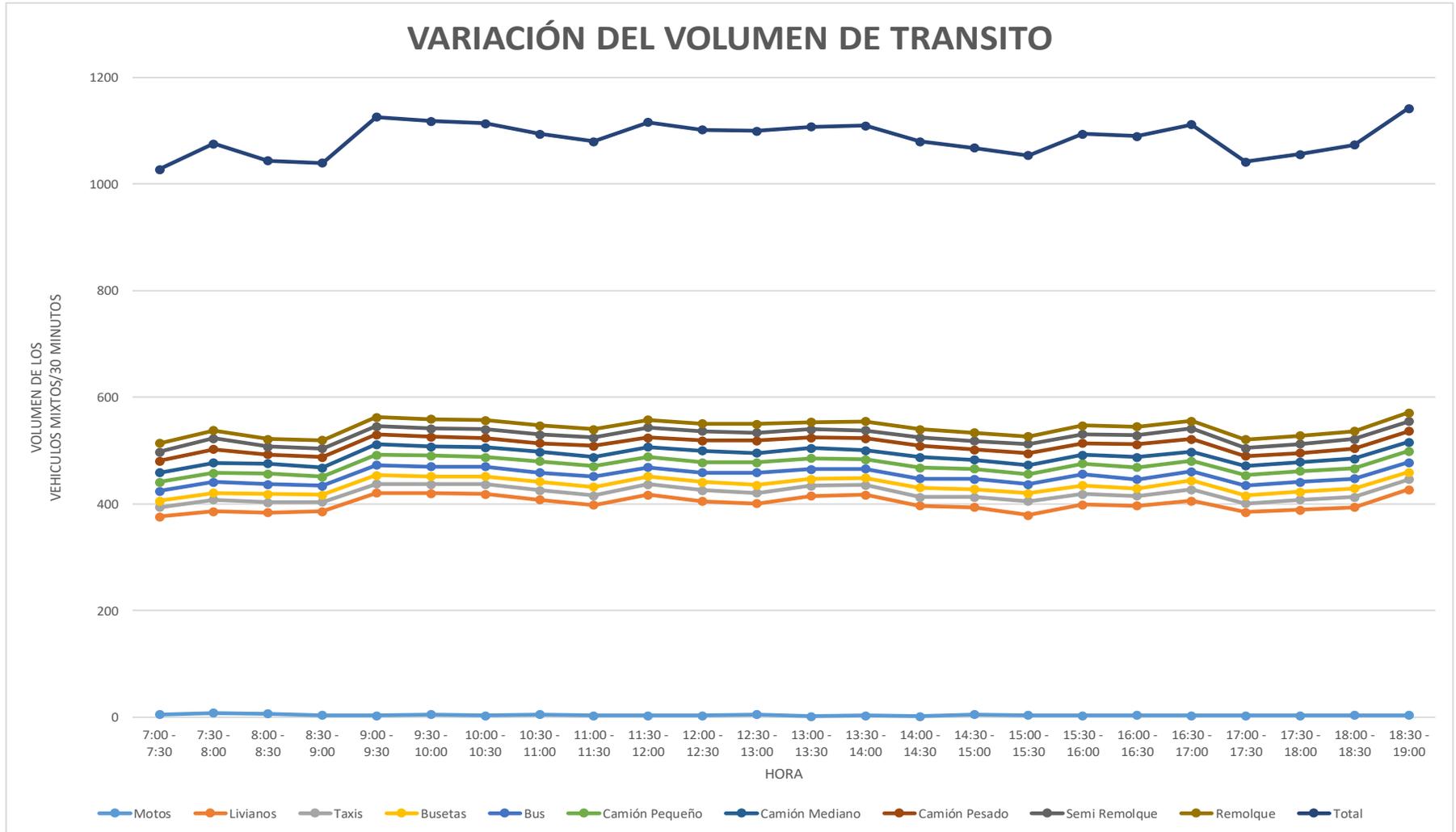
La variación de los volúmenes de tránsito durante las horas del día está en función de tipo de ruta y de las actividades que se realizan en ellas. A continuación, se presenta la variación diaria típica del volumen de tránsito en la vía rápida Azogues-Cuenca que se llevó acabo en función de conteo realizo durante 7 días en el cual se consideró 5 días laborables y los 2 días no laborables.

**Tabla 8:** Variación del Volumen de Tránsito del día Lunes 3 de Septiembre del 2018.

<b>VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>											
<b>Hora</b>	<b>Motos</b>	<b>Livianos</b>	<b>Taxis</b>	<b>Busetas</b>	<b>Bus</b>	<b>Camión Pequeño</b>	<b>Camión Mediano</b>	<b>Camión Pesado</b>	<b>Semi Remolque</b>	<b>Remolque</b>	<b>Total</b>
7:00 - 7:30	5	371	18	12	18	17	18	22	17	16	514
7:30 - 8:00	8	378	22	13	20	17	19	26	20	15	538
8:00 - 8:30	7	377	19	16	18	20	19	17	15	14	522
8:30 - 9:00	4	382	18	13	17	17	17	20	16	16	520
9:00 - 9:30	3	418	17	16	19	19	20	18	16	17	563
9:30 - 10:00	5	415	17	15	18	21	17	18	16	17	559
10:00 - 10:30	3	416	18	15	18	18	18	18	16	17	557
10:30 - 11:00	5	403	18	16	17	21	18	16	16	17	547
11:00 - 11:30	3	395	18	16	20	19	17	21	16	15	540
11:30 - 12:00	3	414	20	15	17	20	18	18	19	14	558
12:00 - 12:30	3	402	21	15	18	19	22	19	18	14	551
12:30 - 13:00	5	396	20	15	23	19	18	23	15	16	550
13:00 - 13:30	2	413	19	13	18	21	19	20	15	14	554
13:30 - 14:00	3	414	19	13	17	18	17	22	15	17	555
14:00 - 14:30	2	395	16	18	17	20	20	21	16	15	540
14:30 - 15:00	5	389	19	15	19	19	17	19	16	16	534
15:00 - 15:30	4	375	26	15	17	19	17	22	18	14	527
15:30 - 16:00	3	396	20	16	21	20	16	22	17	16	547
16:00 - 16:30	4	393	18	14	17	23	19	24	17	16	545
16:30 - 17:00	3	403	21	17	17	20	17	24	20	14	556
17:00 - 17:30	3	382	16	15	19	19	18	18	15	16	521
17:30 - 18:00	3	386	19	15	18	21	17	17	17	15	528
18:00 - 18:30	4	390	19	16	19	19	18	19	18	15	537
18:30 - 19:00	4	423	19	14	18	21	17	21	18	16	571

Fuente: Autora.

**Ilustración 27:** Variación del Volumen de Tránsito del día Lunes 3 de Septiembre del 2018.



Fuente: Autora.

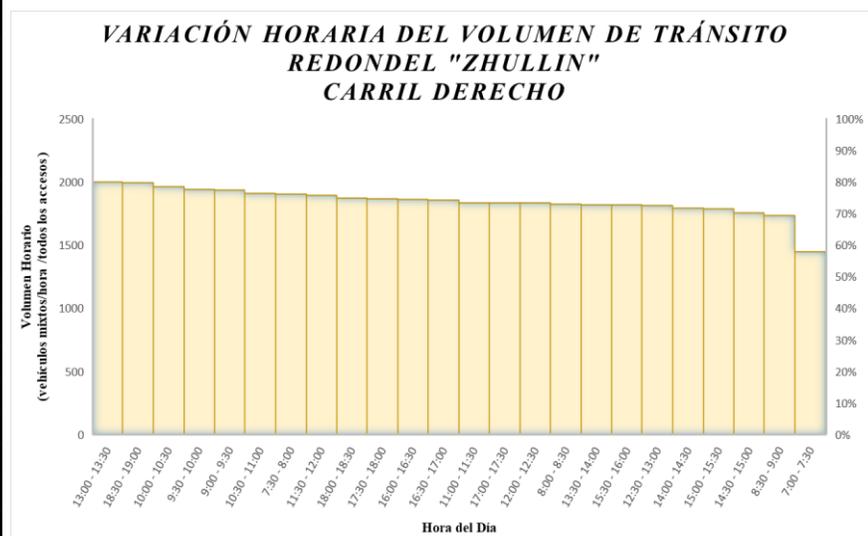
## Variación Horaria del Tránsito

A continuación, se va a presentar la variación horaria del tránsito por sentido; el mismo que va variando en función a épocas del año, el tipo de servicio que ofrecen, etc.

De cualquier manera, el patrón de variación de cualquier vialidad no difiere grandemente en el año o al menos que haya cambios significativos en su diseño. (Rafael, 2007).

**Ilustración 28:** Variación Horaria del Volumen de Tránsito de la Rotonda de Zhullín Carril Derecho comprendida la suma desde el día Jueves 30 de agosto hasta el día Miércoles 5 de septiembre del 2018.

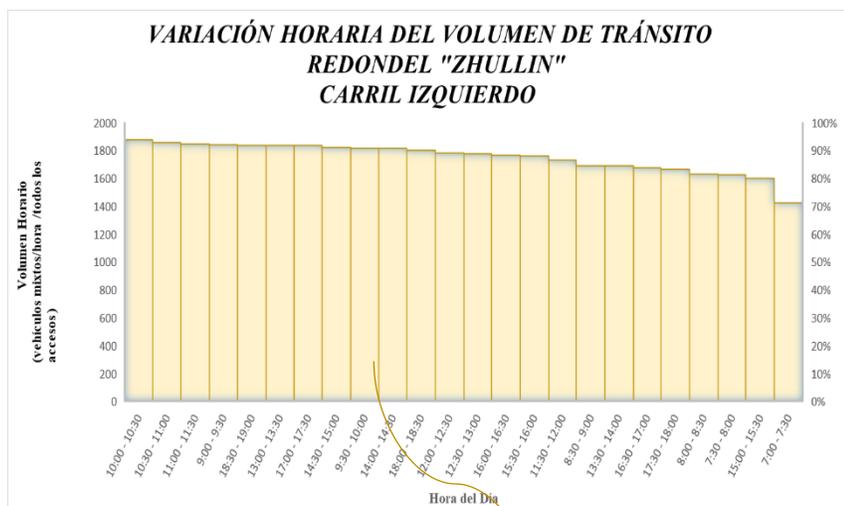
CARRIL DERECHO SENTIDO (Norte - Sur)		
Hora	ROTONDA ZHULLIN	
	↑	↻
7:00 - 7:30	1449	172
7:30 - 8:00	1904	141
8:00 - 8:30	1822	208
8:30 - 9:00	1732	136
9:00 - 9:30	1937	209
9:30 - 10:00	1939	179
10:00 - 10:30	1960	150
10:30 - 11:00	1909	140
11:00 - 11:30	1836	164
11:30 - 12:00	1895	169
12:00 - 12:30	1833	152
12:30 - 13:00	1812	169
13:00 - 13:30	2000	176
13:30 - 14:00	1818	189
14:00 - 14:30	1794	161
14:30 - 15:00	1753	182
15:00 - 15:30	1788	154
15:30 - 16:00	1818	176
16:00 - 16:30	1861	172
16:30 - 17:00	1858	192
17:00 - 17:30	1834	204
17:30 - 18:00	1868	160
18:00 - 18:30	1874	167
18:30 - 19:00	1994	178



Fuente: Autora.

**Ilustración 29:** Variación Horaria del Volumen de Tránsito del Rotonda de Zhullín Carril Izquierdo comprendida la suma desde el día Jueves 30 de agosto hasta el día Miércoles 5 de septiembre del 2018.

CARRIL IZQUIERDO SENTIDO (Sur - Norte)		
Hora	ROTONDA ZHULLIN	
	↑	↶
7:00 - 7:30	1426	175
7:30 - 8:00	1627	131
8:00 - 8:30	1630	179
8:30 - 9:00	1690	126
9:00 - 9:30	1841	186
9:30 - 10:00	1817	183
10:00 - 10:30	1879	161
10:30 - 11:00	1856	143
11:00 - 11:30	1847	151
11:30 - 12:00	1731	179
12:00 - 12:30	1779	141
12:30 - 13:00	1774	181
13:00 - 13:30	1838	163
13:30 - 14:00	1690	182
14:00 - 14:30	1814	140
14:30 - 15:00	1819	140
15:00 - 15:30	1598	146
15:30 - 16:00	1761	127
16:00 - 16:30	1767	170
16:30 - 17:00	1676	152
17:00 - 17:30	1838	149
17:30 - 18:00	1664	149
18:00 - 18:30	1802	136
18:30 - 19:00	1839	166



Se observar que los valores representados en la gráfica van desde el mayor flujo vehicular a menor flujo vehicular.

**Fuente:** Autora.

**NOTA:** Luego de haber realizado un estudio de las gráficas obtenidas de la rotonda de mayor flujo vehicular ubicada en la vía rápida Azogues – Cuenca (carril derecho y carril izquierdo) respectivamente podemos observar que se encuentran en función de las horas de día versus los volúmenes horario, viendo en las mismas como va variando el tráfico según las horas de aforo.

### 3.3 TPDA

Considerando los datos obtenidos se procede a obtener el TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual), para la ejecución del mismo se realizó la suma de los vehículos que transitaron por cada una de las rotondas durante la semana de conteo manual, la ecuación que se utilizó es la siguiente que se obtuvo del libro de Ingeniería de Tránsito, (Rafael, 2007):

$$TPDS_s = \frac{TS_s}{7} \quad \text{Ecuación: 6}$$

Los resultados de cada una de las rotondas son:

**Tabla 9:** Resultado del Tránsito Promedio por Ronda.

TRÁNSITO PROMEDIO SEMANAL				
ROTONDA	TRÁNSITO		TPDS $TPDS_s = \frac{TS_s}{7}$	
Zhullin	Ida Sentido (N-S)	48388	6912	vehículos mix/día
	Regreso Sentido (S-N)	45759	6537	
Dolorosa	Ida Sentido (N-S)	46411	6630	vehículos mix/día
	Regreso Sentido (S-N)	44880	6411	
Bellavista	Ida Sentido (N-S)	46195	6599	vehículos mix/día
	Regreso Sentido (S-N)	44791	6398	
Total		276424		

**Fuente:** Autora.

Determinamos el tránsito promedio semana:

**Tabla 10:** Tránsito Promedio Semanal.

TRÁNSITO PROMEDIO SEMANAL				
AUTOPISTA AZOGUES - CUENCA	TRANSITO		TPDS $TPDS_s = \frac{TS_s}{7}$	
		276424	39489	vehículos mix/día

**Fuente:** Autora.

De igual manera se procedió a sacar cual es el horario de máxima demanda de las tres rotondas ubicadas en la vía rápida Azogues – Cuenca, ya que es importante conocer cuál es la variación de volumen y cuantificar la duración de los flujos máximos para así elaborar la planeación de los controles del tránsito para estos periodos durante el lapso del día.

Para la hora de máxima demanda, se conoce como el factor de la hora de máxima demanda “FHMD”, que es la relación entre el volumen horario de máxima demanda VHMD, y el volumen máximo  $Q_{max}$  que se estima en un periodo dado dentro de dicha hora.

A continuación, se presenta la siguiente ecuación:

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{N(Q_{15max})} \quad \text{Ecuación 7}$$

**Donde:**

N= número de periodos durante una hora de máxima demanda.

Los periodos dentro de una hora de máxima demanda pueden ser de 5,10 o 15 minutos para determinar nuestra hora de máxima demanda ocupamos un periodo de 15 minutos libro Ingeniería de Tránsito (Rafael, 2007, pág. 170) en donde el factor a ocupar es:

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(Q_{15max})} \quad \text{Ecuación 8}$$

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo del tránsito en periodos máximos, indica la manera en la que están distribuidos los flujos máximos. (Rafael, 2007).

Las siguientes tablas nos indica cual es la hora de máxima demanda en cada una de las rotondas:

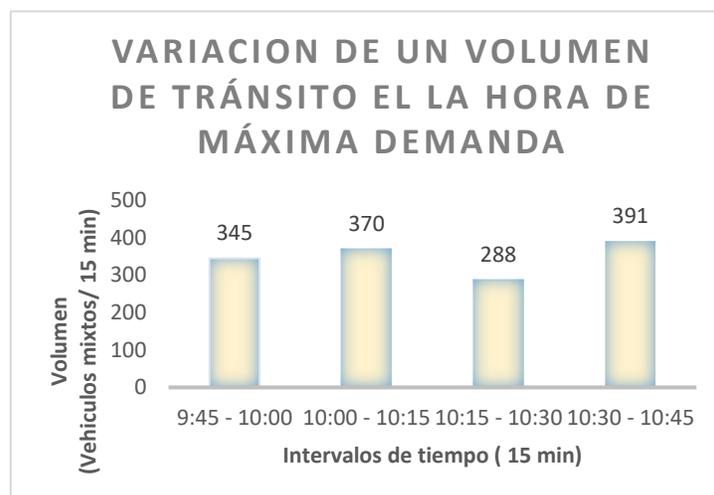
### 3.3.1. Hora de máxima demanda

#### 3.3.1.1. Rotonda de Zhullín

**Tabla 11:** Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda .

Variación de un Volumen de Tránsito el la hora de máxima demanda	
9:45 - 10:00	345
10:00 - 10:15	370
10:15 - 10:30	288
10:30 - 10:45	391

VHMD	1394	Vehículos mixtos /hora
Volumenes máximo para periodos de 15 min corresponde al de las 10:30-10:45 es de :		391
$4(Q_{15_{max}})$	1564	Vehículos mixtos /hora
$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(Q_{15_{max}})}$		0,89
<b>VHMD</b>		
$Q_{15} = \frac{VHMD}{4}$	348	Vehículos mixtos /15 min



**Fuente:** Autora.

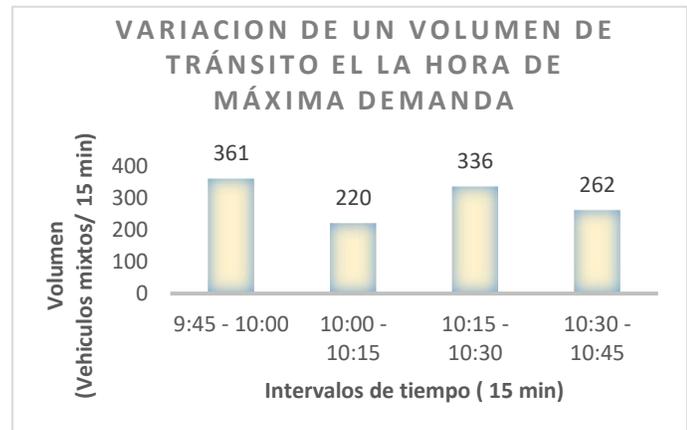
**Nota:** En la tabla podemos observar que la hora de máxima demanda corresponde de 9:45 am a 10:45 am con un flujo de 1394 vehículos mixtos / hora, que el volumen máximo para un periodo de 15 minutos corresponde de 10:30 a 10:45 con un valor de 391 vehículos mixtos / hora.

### 3.3.1.2. Rotonda la Dolorosa

**Tabla 12:** Variación del Volumen de Transito en la Hora de Máxima Demanda.

Variación de un Volumen de Tránsito el la hora de máxima demanda	
7:00 - 7:15	361
7:15 - 7:30	220
7:30 - 7:45	336
7:45 - 8:00	262

VHMD	1179	Vehiculos mixtos /hora
Volumenes máximo para periodos de 15 min corresponde al de las 7:00 a 7:15 es de :		361
$4(Q_{15_{max}})$	1444	Vehiculos mixtos /hora
$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(Q_{15_{max}})}$		0,82
<b>VHMD</b>		
$Q_{15} = \frac{VHMD}{4}$	294	Vehiculos mixtos /15 min



**Fuente:** Autora.

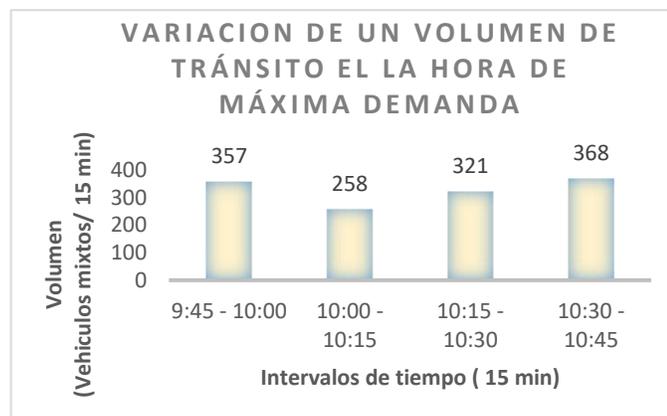
**Nota:** En la tabla podemos observar que la hora de máxima demanda corresponde de 7:00 am a 8:00 am con un flujo de 1179 vehículos mixtos / hora, que el volumen máximo para un periodo de 15 minutos concierne de 7:00 a 7:15 con un valor de 361 vehículos mixtos / hora.

### 3.3.1.3. Rotonda de Bellavista

**Tabla 13:** Variación del Volumen de Transito en la Hora de Máxima Demanda.

Variación de un Volumen de Tránsito el la hora de máxima demanda	
9:15 - 9:30	357
9:30 - 9:45	258
9:45 - 10:00	321
10:00 - 10:15	368

VHMD	1304	Vehiculos mixtos /hora
Volumenes máximo para periodos de 15 min corresponde al de las 10:00 a 10:15 es de :		368
$4(Q_{15_{max}})$	1472	Vehiculos mixtos /hora
$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(Q_{15_{max}})}$		0,89
<b>VHMD</b>		
$Q_{15} = \frac{VHMD}{4}$	326	Vehiculos mixtos /15 min



**Fuente:** Autora.

**Nota:** En la tabla podemos observar que la hora de máxima demanda corresponde de 9:15 am a 10:15 am con un flujo de 1304 vehículos mixtos / hora, que el volumen máximo para un periodo de 15 minutos corresponde de 10:00 a 10:15 con un valor de 368 vehículos mixtos / hora.

En resumen, el volumen horario de máxima demanda es el de la rotonda de Zhullín con los siguientes resultados:

**Tabla 14:** Hora de máxima demanda.

ROTONDA DE ZHULLIN		
VHMD	1394	Vehiculos mixtos /hora
$Q_{15} =$	348	Vehiculos mixtos /15 min

**Fuente:** Autora

Luego de haber obtenido la hora de máxima demanda procedemos a sacar la desviación estándar de la autopista Azogues-Cuenca en la cual utilizamos la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}}$$

**Ecuación 9**

**Donde:**

$TD_i$  = Tráfico diario total.

$TPDS$  = Tráfico promedio diario semanal.

$n$  = Número de días.

**Tabla 15:** Total del Tráfico diario menos el Tráfico promedio diario semanal.

Días	$TD_i$	$(TD_i - TPDS)^2$
Jueves 30 de Agosto	40029	291600
Viernes 31 de Agosto	39432	3249
Sabado 1 de Septiembre	39559	4900
Domingo 2 de Septiembre	37610	3530641
Lunes 3 de Septiembre	40430	885481
Martes 4 de Septiembre	39817	107584
Miercoles 5 de Septiembre	39547	3364
TOTAL Vehículos		<b>4826819</b>

Fuente: Autora.

La desviación estándar nos da como resultado:

**Tabla 16:** Desviación Estándar.

Desviacion Estandar Muestra S		
$(TD_i - TPDS)^2$	4826819	S=
$n - 1$	6	<b>804469</b>

Fuente: Autora.

Después de haber sacado la desviación estándar muestra obtenemos el estimador de la desviación estándar poblacional utilizando la siguiente ecuación:

$$\sigma = \left[ \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right] * \frac{S}{\sqrt{n}} \quad \text{Ecuación 10}$$

**Donde:**

$N$  = Días del año.

$n$  = Número de días de la semana.

$S$  = Desviación estándar muestra.

**Tabla 17:** Estimador Desviación Estándar Poblacional.

Estimador de la Desviación Estándar Poblacional		
N-n	358	$\sigma =$
N-1	364	
S	804469	<b>301544</b>
n	7	

**Fuente:** La Autora.

Por ultimo sacamos el tránsito promedio diario anual TPDA utilizando la siguiente ecuación:

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma \quad \text{Ecuación 11}$$

**Donde:**

$TPDS$  = Tránsito promedio diario semanal.

$K$  = Número de desviación estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado, el 95% 1.96 respectivamente, Libro de Ingeniería de Tránsito Capitulo 8 pág. 191.

$\sigma$  = Estimador de la desviación estándar poblacional.

**Tabla 18:** Tráfico Promedio Anual TPDA.

Tránsito Promedio Anual TPDA		
TPDS	39489	<b>TPDA =</b>
k	1,9	<b>612423</b>
$\sigma$	301544	

**Fuente:** La Autora.

También nos vimos en la necesidad de sacar el TPDA de cada una de las rotondas para obtener cual es la de mayor y menor flujo vehicular, a continuación, se indica las siguientes tablas que se determinaron de la misma manera que el TPDA total de la autopista Azogues – Cuenca.

**Rotonda de Zhullín****Tabla 19:** Cálculo utilizado para sacar el TPDA de la rotonda de Zhullín.

<b>Tránsito Promedio Semanal TPDS Rotonda Zhullín</b>		
TPDS	13449	vehículos mix/día

<b>Días</b>	$TD_i$	$(TD_i - TPDS)^2$
Jueves 30 de Agosto	13269	32400
Viernes 31 de Agosto	13418	961
Sabado 1 de Septiembre	13452	9
Domingo 2 de Septiembre	12176	1620529
Lunes 3 de Septiembre	14341	795664
Martes 4 de Septiembre	13890	194481
Miercoles 5 de Septiembre	13601	23104
<b>TOTAL Vehículos</b>		<b>2667148</b>

Número de Días	<b>7</b>
----------------	----------

n-1	6
-----	---

<b>Desviación Estándar Muestra S</b>		
$(TD_i - TPDS)^2$	2667148	444524
$n - 1$	6	

Días al Año	N	365
Número de días	n	7

<b>Estimador de la Desviación Estándar Poblacional</b>		
N-n	358	166624
N-1	364	
S	444524	
n	7	

Constante	k	1,9
-----------	---	-----

<b>Tránsito Promedio Anual TPDA</b>		
TPDS	13449	47148
k	1,9	
$\sigma$	166624	
		<b>Vehículos</b>

Fuente: La Autora.

**Rotonda la Dolorosa****Tabla 20:** Cálculo utilizado para sacar el TPDA de la rotonda la Dolorosa.

<b>Tránsito Promedio Semanal TPDS Rotonda La Dolorosa</b>		
TPDS	13041	vehículos mix/día

<b>Días</b>	$TD_i$	$(TD_i - TPDS)^2$
Jueves 30 de Agosto	13667	391876
Viernes 31 de Agosto	12863	31684
Sabado 1 de Septiembre	13346	93025
Domingo 2 de Septiembre	12945	9216
Lunes 3 de Septiembre	12945	9216
Martes 4 de Septiembre	12767	75076
Miercoles 5 de Septiembre	12758	80089
<b>TOTAL Vehículos</b>		<b>690182</b>

Número de Dias	<b>7</b>
----------------	----------

n-1	6
-----	---

<b>Desviación Estándar Muestra S</b>		
$(TD_i - TPDS)^2$	690182	115030
$n - 1$	6	

Días al Año	N	365
Número de días	n	7

<b>Estimador de la Desviación Estándar Poblacional</b>		
N-n	358	43117
N-1	364	
S	115030	
n	7	

Constante	k	1,9
-----------	---	-----

<b>Tránsito Promedio Anual TPDA</b>		
TPDS	13041	13566
k	1,9	
$\sigma$	43117	
		<b>Vehículos</b>

Fuente: La Autora.

**Rotonda de Bellavista****Tabla 21:** Cálculo utilizado para sacar el TPDA de la rotonda de Bellavista.

<b>Tránsito Promedio Semanal TPDS Rotonda Zhullin</b>		
TPDS	12997	vehículos mix/día

<b>Días</b>	$TD_i$	$(TD_i - TPDS)^2$
Jueves 30 de Agosto	13093	9216
Viernes 31 de Agosto	13151	23716
Sabado 1 de Septiembre	12761	55696
Domingo 2 de Septiembre	12489	258064
Lunes 3 de Septiembre	13144	21609
Martes 4 de Septiembre	13160	26569
Miercoles 5 de Septiembre	13188	36481
<b>TOTAL Vehículos</b>		<b>431351</b>

Número de Días	<b>7</b>
----------------	----------

n-1	6
-----	---

<b>Desviación Estándar Muestra S</b>		
$(TD_i - TPDS)^2$	431351	71891
n - 1	6	

Días al Año	N	365
Número de días	n	7

<b>Estimador de la Desviación Estándar Poblacional</b>		
N-n	358	26947
N-1	364	
S	71891	
n	7	

Constante	k	1,9
-----------	---	-----

<b>Tránsito Promedio Anual TPDA</b>		
TPDS	12997	9171
k	1,9	
$\sigma$	26947	
		Vehículos

Fuente: La Autora.

En resumen, luego de haber analizado cada una de las rotondas se va a obtener nivel el servicio de las rotondas de mayor y menor flujo vehicular teniendo como resultados los siguiente:

**Tabla 22:** Resultados del TPDA.

<b>ROTONDA DE MÁYOR Y MENOR FLUJO VEHÍCULAR</b>				
<b>Rotondas</b>	<b>TPDS</b>	<b>Unidades</b>	<b>Tránsito Promedio Anual TPDA</b>	<b>Unidades</b>
Zhullín	13449	vehículos mix/día	47148	Vehículos
Bellavista	12997	vehículos mix/día	9171	Vehículos

**Fuente:** Autora

Luego de haber obtenidos los valores del TPDA procedemos a sacar el nivel de servicio que ofrece cada una de ella las misma que nos detalla las condiciones que ofrece la vía dentro de un flujo vehicular. A continuación, se presenta los siguientes datos que se utilizaron para sacar el nivel de servicio:

Las rotondas ubicadas en la vía rápida Azogues- Cuenca cuentan con 3 carriles de circulación por sentido, estos carriles tienen un ancho de 3,30 m con obstrucciones lateras al borde de la calzada de 1,61m, el terreno donde están situadas las mismas es plano, la velocidad a la que deben circular al ingresar a las rotondas es máxima de 30 km/hora.

Según el Highway Capacity Manual (Transportation Research Board, 2000) para las vías rápidas, los valores indicados representan la relación entre la intensidad y la capacidad ideal, que al momento del calcular en nivel de servicio no se utiliza en valor recomendado en el HCM que es de 2200 vl/h sino que se toma el Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD) tomado en campo para tener un resultado más acorde a la realidad de esta

investigación. Para sacar la composición vehicular se utilizó la clasificación de los vehículos que circularon por el mismo en porcentajes, los resultados obtenidos son los siguientes-

### 3.3.2. Composición vehicular

#### 3.3.2.1. Rotonda de Zhullín

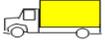
**Tabla 23:** Composición Vehicular de la Rotonda de Zhullín.

COMPOSICIÓN VEHICULAR REDONDEL DE ZHULLIN												
		Motos	Livianos	Taxis	Busetas	Bus	Camión Pequeño	Camión Mediano	Camión Pesado	Semi Remolque	Remolque	TOTAL DE VEHICULOS
												
Total Por Día	Jueves	107	9787	510	287	417	402	350	612	373	424	
	Viernes	94	9652	520	323	500	442	419	612	406	450	
	Sabado	106	9777	495	363	439	443	408	541	431	449	
	Doming	74	9567	442	249	362	285	258	386	273	303	
	Lunes	89	9977	566	451	465	600	522	636	523	512	
	Martes	87	9584	560	450	461	594	516	630	513	495	
	Miercoles	87	9236	566	454	465	600	522	636	523	512	
<b>Total Por Semana</b>		644	67580	3659	2577	3109	3366	2995	4053	3042	3145	

**Fuente:** Autora.

### 3.3.2.2. Rotonda de Bellavista

**Tabla 24:** Composición Vehicular de la Rotonda de Bellavista.

COMPOSICIÓN VEHICULAR REDONDEL BELLAVISTA												
		Motos	Livianos	Taxis	Busetas	Bus	Camión Pequeño	Camión Mediano	Camión Pesado	Semi Remolque	Remolque	TOTAL DE VEHICULOS
												
Total Por Día	Jueves	105	9595	486	312	439	416	367	576	373	424	
	Viernes	106	9594	423	391	431	498	445	422	444	397	
	Sabado	90	9180	553	351	459	461	579	455	364	269	
	Doming	74	9391	356	304	446	423	440	364	361	330	
	Lunes	108	9663	457	377	453	473	448	460	382	323	
	Martes	111	9656	462	384	453	473	448	466	384	323	
	Miercoles	108	9674	467	382	453	479	452	468	382	323	
<b>Total Por Semana</b>		702	66753	3204	2501	3134	3223	3179	3211	2690	2389	

**Fuente:** Autora.

### 3.4 Nivel de servicio

A continuación, se presenta los datos que se utilizaran para el obtener el nivel de servicio de cada una de ellas:

#### 3.4.1 Rotonda de Zhullín

**Tabla 25:** Datos para obtener el Nivel de Servicio Rotonda de Zhullin.

ROTONDA ZHULLIN				
3	Carriles por sentido	3.5		m
	Obstrucción Lateral al borde de la calzada	1.61		m
	Terreno	Plano		
	Velocidad a flujo libre	30		km/h
	Volumen horario de Máxima demanda	1394		VI/h
Composición Vehicular	% Autos Livianos	74460	79,09	%
	% Buses	3109	3,30	%
	% Camión Pequeño	16601	17,63	%

**Fuente:** Autora.

### 3.4.2 Rotonda de Bellavista

**Tabla 26:** Datos para obtener el Nivel de Servicio Rotonda de Bellavista.

ROTONDA DE BELLAVISTA				
3	Carriles por sentido	3.5		m
Obstrucción Lateral al borde de la calzada		1.61		m
Terreno		Plano		
Velocidad a flujo libre		30		km/h
Volumen horario de Máxima demanda		1304		VI/h
Composición Vehicular	% Autos Livianos	73160,00	80,41	%
	% Buses	3134,00	3,44	%
	% Camión Pequeño	14692,00	16,15	%

**Fuente:** Autora

Para obtener un nivel de servicio el segmento básico para las autopistas se caracteriza por tres medidas de influencia:

- La Densidad.
- La Velocidad Media de los Vehículos.
- La Relación Volumen Capacidad.

Estas medidas representan de como el flujo vehicular es acomodado en las autopistas.

La velocidad de flujo libre **FFS** es la velocidad media de los vehículos livianos, medida durante flujos moderados, se puede estimar por mediciones directas de campo o por estimación indirecta a partir de una velocidad; se utilizó la siguiente ecuación para estimar la velocidad a flujo libre en autopistas:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID}$$

**Ecuación 12**

**Fuente:** Libro de Ingeniería de Tránsito. (Rafael, 2007)

**Donde:**

$FFS$  = Velocidad de flujo libre estimada km/h.

$BFFS$  = Velocidad de flujo libre base.

$f_{LW}$  = Ajuste por ancho de carril.

$f_{LC}$  = Ajuste por distancia libre lateral a la derecha.

$f_N$  = Ajuste por número de carril.

$f_{ID}$  = Ajuste por densidad de intercambiadores.

Calculo de la tasa de flujo  $V_p$  esta tasa debe reflejar la transformación temporal del flujo vehicular dentro de la hora la influencia de los vehículos pesados y las características de las poblaciones. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$V_p = \frac{V}{(FHMD)(N)(f_{HV})(f_p)} \quad \text{Ecuación 13}$$

**Donde:**

$V_p$  = Tasa de flujo equivalente en 15 minutos.

$V$  = Volumen horario por sentido.

FHMD = Factor de horas de máxima demanda.

$N$  = Número de carriles por sentidos.

$f_{HV}$  = Factor ajuste por presencia de vehículos pesados.

$f_p$  = Factor de ajuste por tipo de conductores.

El factor ajuste por la presencia de vehículos pesados se calcula con la siguiente ecuación:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)} \quad \text{Ecuación 14}$$

**Donde:**

$f_{HV}$  = Factor ajuste por la presencia de vehículos pesados.

$P_T$  = Porcentaje de camiones en la corriente vehicular.

$P_B$  = Porcentaje de autobuses en la corriente vehicular.

$E_T$  = Automóviles equivalentes a un camión.

$E_B$  = Automóviles equivalentes a un autobús.

La determinación del nivel del servicio se basa en la velocidad de flujo medida en campo se elabora una curva velocidad flujo.

La densidad se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$D = \frac{V_p}{S}$$

**Ecuación 15**

**Donde:**

$D$  = Densidad (km/carril).

$V_p$  = Tasa de flujo equivalente (vehículos livianos/ h/carril).

$S$  = Velocidad media de los automóviles (km/h).

Utilizando todas estas ecuaciones y en el número de tablas 27, 30, 31, 32 ,33 y 34 de HCM2000 se determina el nivel de servicio al cual actualmente está operando el segmento de la autopista.

- ✓ Se calcula el factor por presencia de vehículos pesados utilizando los siguientes datos:

**Tabla 27:** Factor De Equivalencia En Vehículos Ligeros En Tramos Genéricos Largos De Autopistas.

FACTOR DE EQUIVALENCIA EN VEHICULOS LIGEROS EN TRAMOS GENERICOS LARGOS DE AUTOPISTAS			
Factor	Tipo De Terreno		
	Llano	Ondulado	Montañoso
$E_B$ Buses	1,5	4	8
$E_C$ Camiones	1,7	3	5
$E_C$ Para Vehiculs de Recreo	1,6	3	4

**Fuente:** Highway Capacity Manual (Transportation Research Board , 2000).

**Tabla 28:** Factor de presencia de vehículos de las rotonda de Zhullín y Bellavista.

<b>Factor de Presencia de Vehículos</b>	
$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_1(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)}$	
Rotonada de Zhullín	0,8768
Rotonada de Bellavista	0,8848

**Fuente:** Autora.

✓ De igual manera se calcula la tasa flujo máxima:

**Tabla 29:** Tasa de flujo de las rotondas de Zhullín y Bellavista.

<b>Tasa de Flujo Vehiculos livinanos/ hora/carril</b>	
$V_p = \frac{V}{(FHMD)(N)(f_{HV})(f_p)}$	
Rotonada de Zhullín	563
Rotonada de Bellavista	522

**Fuente:** Autora.

✓ Se calcula la velocidad de flujo libre utilizando las siguientes tablas:

**Tabla 30:**Ajuste Con Ancho De Carretera.

<b>ADJUSTE CON ANCHO DE CARRETERA</b>	
Ancho de Carril (m)	Reducción de la velocidad de flujo libre $f_{LW}$ (km/h)
3,6	0
<b>3,5</b>	<b>1</b>
3,4	2,1
3,3	3,1
3,2	5,6
3,1	8,1
3	10,6

**Fuente:** Highway Capacity Manual (Transportation Research Board , 2000).

**Tabla 31:** Ajuste Por La Derecha Del Desplazamiento Lateral

AJUSTE POR LA DERECHA DEL DESPLAZAMIENTO LATERAL				
Derecha - Desnivel con Desplamiento Lateral (m)	Reducción de la velocidad de flujo libre $f_{LC}$ (km/h)			
	Carriles en una dirección			
	2	3	4	≥ 5
≥ 1,8	0	0	0,0	0
<b>1,5</b>	<b>1</b>	<b>0,7</b>	0,3	0,2
1,2	1,9	1,3	0,7	0,4
0,9	2,9	1,9	1	0,6
0,6	3,9	2,6	1,3	0,8
0,3	4,8	3,2	1,6	1,1
0	5,8	3,9	1,9	1,3

**Fuente:** Highway Capacity Manual (Transportation Research Board , 2000).

**Tabla 32:** Ajuste Por Número De Carriles.

AJUSTES POR NÚMERO DE CARRILES	
Número de carriles (una dirección)	Reducción de la velocidad de flujo libre $f_{LC}$ (km/h)
≥ 5	0
4	2,4
<b>3</b>	<b>4,8</b>
2	7,3

**Fuente:** Highway Capacity Manual (Transportation Research Board , 2000).

**Tabla 33:** Ajuste Por Densidad De Cruce.

AJUSTES POR DENSIDAD DE CRUCE	
Intercambios por kilómetro	Reducción en libre - Velocidad de flujo $f_{ID}$ (km/h)
≤ 0,3	0
<b>0,4</b>	<b>1,1</b>
0,5	2,1
0,6	3,9
0,7	5
0,8	6
0,9	8,1
1	9,1
1,1	10,2
1,2	12,1

**Fuente:** Highway Capacity Manual (Transportation Research Board , 2000).

**Tabla 34:** Factor de Hora Punta.

FACTORES DE HORA PUNTA PARA AUTOPISTAS BASADOS EN CIRCULACIÓN ALEATORIA					
Calculo Del Nivel De Servicio					
Intensidad Hoaria Total de Calzada (v/h)	Hora Punta FHP	Horaria Total de Calzada	Factor Hora Punta FHP		
100	0,83	1000	0,93		
200	0,87	1100	0,94		
300	0,9	1200	0,94		
400	0,91	1300	0,94		
500	0,91	1400	0,94		
600	0,92	1500	0,95		
700	0,92	1600	0,95		
800	0,93	1700	0,95		
900	0,93	1800	0,95		
		>1900	0,96		
CALCULO DE LAS INTENSIDADES DE SERVICIO					
Nivel De Servicio	A	B	C	D	E
Factor De Hora Punta	0,91	0,92	0,94	0,95	1,00

**Fuente:** Highway Capacity Manual (Transportation Research Board , 2000).

**Tabla 35:** Velocidad de flujo de las Rotondas de Zhullín y Bellavista.

Velocidad de Flujo Libre km/h	
$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID}$	
Rotonada de Zhullín	22
Rotonada de Bellavista	22

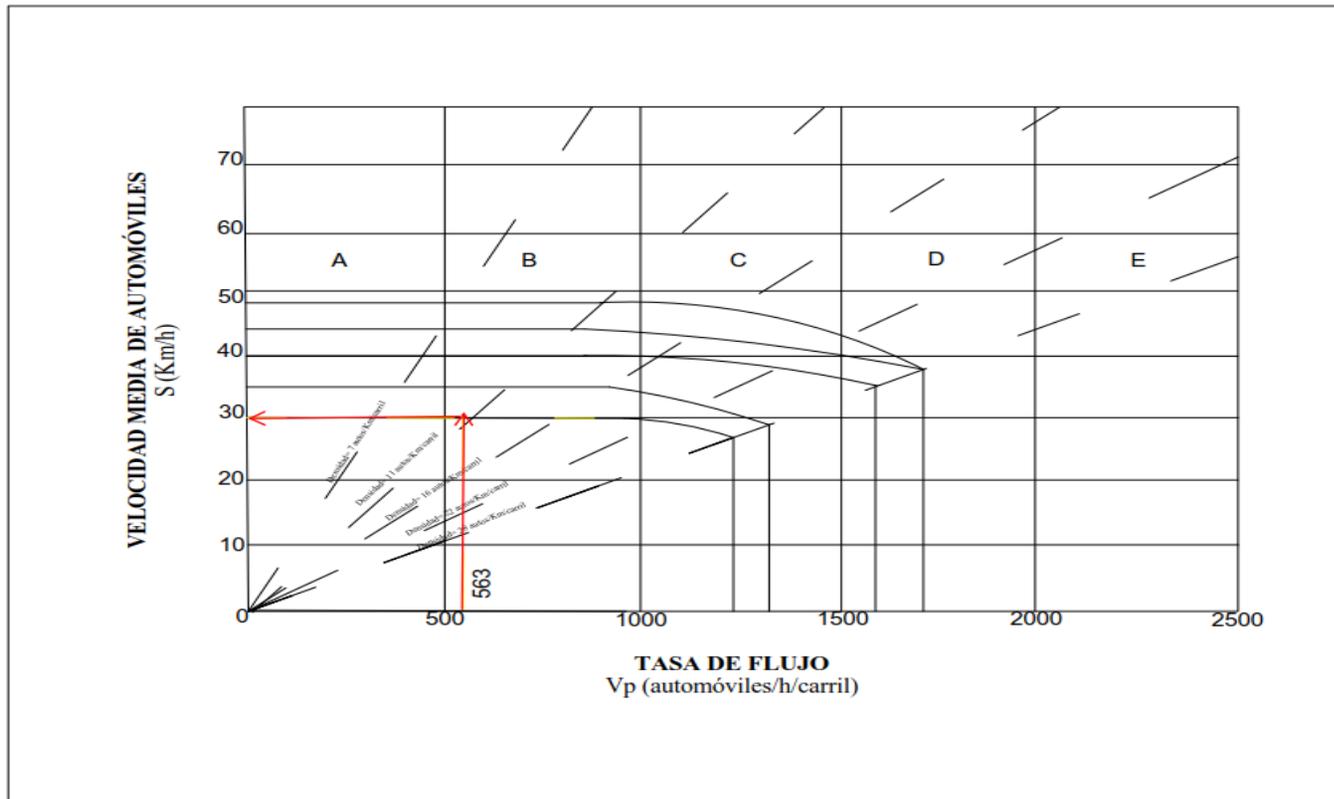
**Fuente:** Autora.

La velocidad de flujo libre obtenido para cada una de las rotondas es de 22 km/h pero en la vida cotidiana un vehículo no va a 22 km/h , por lo tanto es te valor es redondeado a 25 km/h.

Luego de haber obtenido la velocidad de flujo libre FFS que es de 22 km/hora se construye la curva velocidad- flujo.

### *Rotonda de Zhullín*

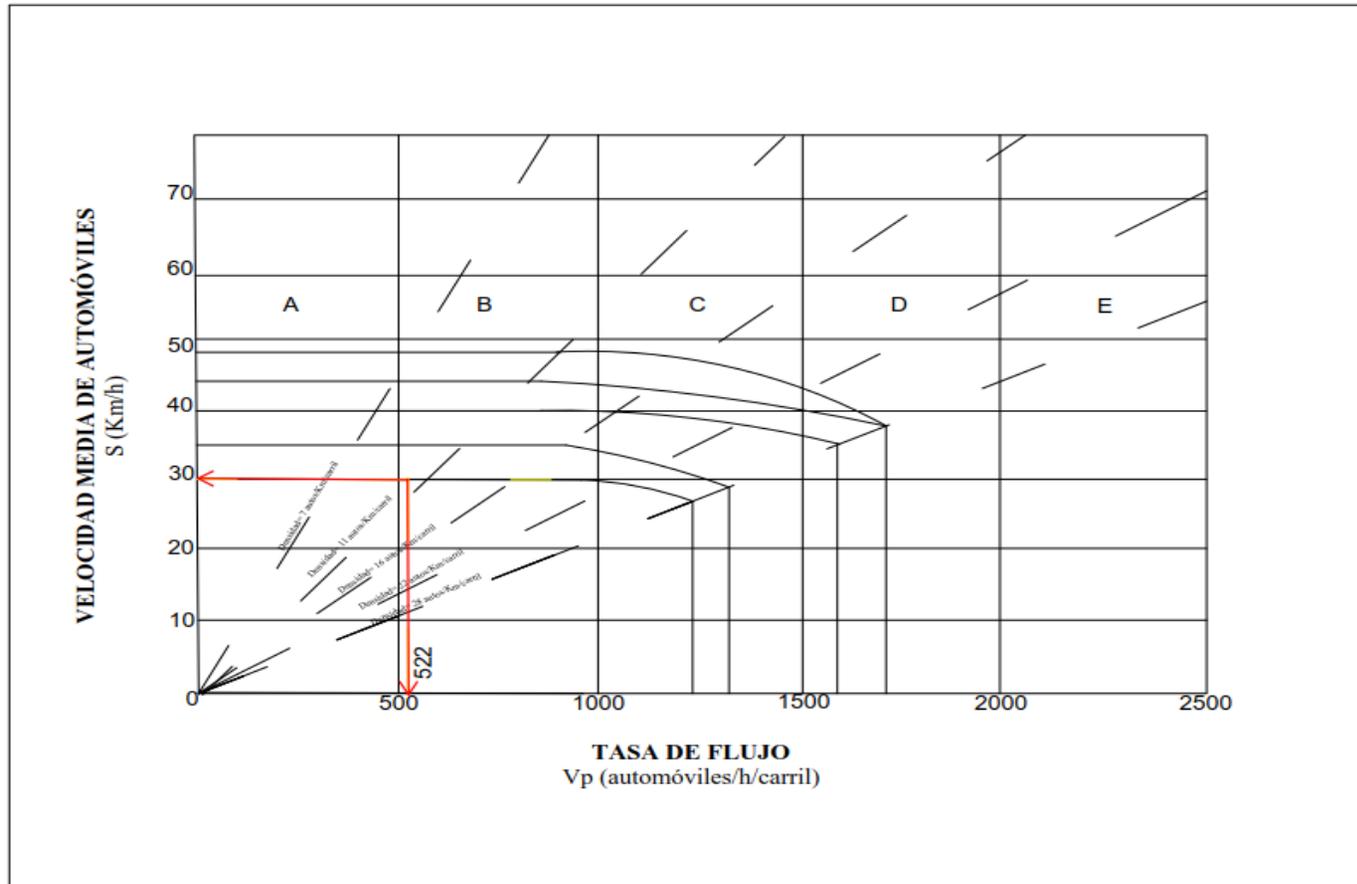
**Ilustración 30:** Curva Velocidad Flujo Rotonda de Zhullín.



**Fuente:** Autora.

*Rotonda de Bellavista*

**Ilustración 31:** Curva Velocidad Flujo Rotonda de Bellavista.



**Fuente:** Autora.

En relación a la base a la tasa de flujo  $V_p$  que es de 563 vehículos mixtos /h/carril para la rotonda de Zhullín y de 522 vehículos mixtos /h/carril para la rotonda de Bellavista respectivamente y con la curva velocidad flujo se lee en el eje vertical la velocidad media de los automóviles que es de 30 km/h, se procedió a sacar la densidad de las mismas:

**Tabla 36:** Densidad de la Rotonda de Zhullín y Bellavista.

Densidad Vehiculos livianos/km/carril	
$D = \frac{V_p}{S}$	
Rotonada de Zhullín	16
Rotonada de Bellavista	15

**Fuente:** Autora.

Luego de haber hecho el análisis de las rotondas de mayor y mejor flujo vehicular, que corresponde respectivamente al sector de Zhullín y Bellavista se puede observar que las mismas ofrecen un nivel de servicio tipo “C”, la cual pertenece a un rango de flujo estable, que marca el inicio del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada por la intersección con otros usuarios, de igual manera la velocidad se encuentra restringido a 30 Km/h.

### 3.5. TRÁFICO FUTURO

#### 3.5.1. Proyecciones del TPDA Asignado

El Tráfico Promedio Diario Anual TPDA para un proyecto futuro que se denomina como “vida útil”. En el cual se recomienda realizar un estudio mínimo con 20 años de proyección que servirá en el análisis del mismo, libro de Ingeniería de Tránsito Capítulo 8 pág. 202 en los siguientes aspectos:

- Para dimensionar propiedades geométricas de la vía y la superficie de rodadura.
- Para cuantificar los rendimientos por efecto en el ahorro en los costos de operación de vehículos y tiempo de viaje, en la etapa de análisis de factibilidad económica del proyecto.

### **3.5.2. Tasas De Crecimiento**

El cálculo de las Tasas de Crecimiento por tipo de vehículo, se sustenta en un modelo basado en los factores demográficos, productivos y además en base a las expectativas de inversión en la región que se generarían por la construcción del proyecto. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

Estos factores de crecimiento se aplicarán para el período inicial de 20 años, se considera una mayor generación de bienes y servicios y por ende del tráfico vehicular. Se estima que la tasa de crecimiento igualmente se pudiera aminorarse, por ello se aplicará las tasas de crecimiento del MTOP, las misma que son para la provincia del Azuay y del Cañar.

Estos son los siguientes factores a considerar:

- Demografía
- Comercio interno
- Restaurantes y hoteles
- Consumo de combustible
- Número de vehículos registrados
- Construcciones

### Para Vehículos Livianos

Considerando que los cambios respecto al mayor o menor incremento de vehículos se dan por aumento poblacional Naturalmente, el peso mayor o importancia, se otorgó al crecimiento poblacional, que, en caso de la provincia del Azuay, registran una tasa de aproximadamente el 1,5 % promedio anual.

**Tabla 37:** Tasa de crecimiento vehículos livianos.

Factor	Factor de expansión (%)	% de Incidencia	Producto (%)
Comercio (1)	13,19%	27,00%	3,56%
Combustible (3)	8,15%	2,00%	0,16%
Número de vehículos (4)	10,40%	15,00%	1,56%

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, s.f.).

### Vehículos de Transporte Público (Buses)

Se considera los aspectos relevantes en la expansión a los siguientes factores: comercio, combustible, número de vehículos.

**Tabla 38:** Tasa de crecimiento para Buses.

Factor	Factor de expansión (%)	% de Incidencia	Producto (%)
Comercio (1)	13,19%	15,00%	1,98%
Combustible (3)	8,15%	1,50%	0,12%
Número de vehículos (4)	2,00%	1,50%	0,03%

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, s.f.).

### Vehículos de Carga

Se considera los aspectos relevantes en la expansión a los siguientes: comercio, combustibles, número de vehículos y construcciones.

**Tabla 39:** Tasa de crecimiento vehículo de carga.

Factor	Factor de expansión (%)	% de Incidencia	Producto (%)
Comercio (1)	13,19%	21,00%	2,77%
Combustible (3)	8,15%	2,00%	0,16%
Número de vehículos (4)	3,50%	2,00%	0,07%

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, s.f.).

Las tasas de crecimiento del MTOP en (%), para la provincia del Azuay y del Cañar, son:

Tasa de Crecimiento provincia del Azuay y del Cañar %		
Livianos	Bus	Camion
3,02	1,23	2,52

En resumen, para hacer crecer en el futuro el TPDA, se aplicará las tasas de crecimiento.

**Tabla 40:** Índices de Crecimiento.

Tasa de Crecimiento Anual %		
Livianos	Bus	Camion
4,53	1,69	3,37

**Fuente:** Autora.

Procedemos a sacar el tráfico futuro que se puede calcular de 5, 10 a 20 años por el método aritmético en nuestro caso el periodo a tomarse en cuenta será de 10 y 20 años.

Se utiliza la siguiente expresión:

$$TF = TPDA \text{ actual} * (1 + i)^n \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

**TF=** Tráfico Futuro

**TPDA actual** = Tráfico Promedio Diario Anual al año

**i%**= Tasa de crecimiento

**n**= Periodo de diseño

Se debe considerar la composición vehicular de las rotondas antes mencionadas que se indica a continuación y su respectivo TPDA:

### 3.5.3. Composición Vehicular

#### 3.5.3.1. Rotonda de Zhullín

**Tabla 41:** Composición Vehicular y TPDA Rotonda de Zhullín.

<b>COMPOSICIÓN VEHICULAR ZHULLIN</b>				
% Autos Livianos	74460	Vehiculos	79,09	%
% Buses	3109	Vehiculos	3,30	%
% Camiones	16601	Vehiculos	17,63	%

**Fuente:** Autora.

#### 3.5.3.2. Rotonda de Bellavista

**Tabla 42:** Composición Vehicular y TPDA Rotonda de Bellavista.

<b>COMPOSICIÓN VEHICULAR BELLAVISTA</b>				
% Autos Livianos	73160	Vehiculos	80,41	%
% Buses	3134	Vehiculos	3,44	%
% Camiones	14692	Vehiculos	16,15	%

**Fuente:** Autora.

Basándose en los valores de los porcentajes de la composición vehicular de las rotondas de Zhullín y Bellavista precede a sacar el TPDA para cada tipo de vehículo el mismo que se utilizará para obtener el tráfico futuro.

### ***Rotonda de Zhullín***

**Tabla 43:** TPDA para cada tipo de Vehículo que circula por la rotonda ubicada en Zhullín.

<b>Vehículos Livianos</b>		
$TPDA_{livianos} =$	37288	Vehículos

<b>Buses</b>		
$TPDA_{Buses} =$	1556	Vehículos

<b>Vehículos Pesados</b>		
$TPDA_{Pesados} =$	8313	Vehículos

**Fuente:** Autora.

### ***Rotonda de Bellavista***

**Tabla 44:** TPDA para cada tipo de Vehículo que circula por la rotonda ubicada en Bellavista.

<b>Vehículos Livianos</b>		
$TPDA_{livianos} =$	7374	Vehículos

<b>Buses</b>		
$TPDA_{Buses} =$	315	Vehículos

<b>Vehículos Pesados</b>		
$TPDA_{Pesados} =$	1480	Vehículos

**Fuente:** Autora.

Luego de haber obtenido los TPDA para cada tipo de vehículo procedemos a sacar el tráfico futuro reemplazando en la ecuación aritmética.

### *Rotonda de Zhullín*

**Tabla 45:** Datos de cálculo para el tráfico futuro Rotonda de Zhullín.

DATOS	LIVIANOS		BUSES		PESADOS	
l (%)	4,53		1,69		3,37	
n (año)	10	20	10	20	10	20
TPDA (veh)	37288		1556		8313	
Tf (veh)	58073	90445	1839	2175	11579	16130

Fuente: Autora.

### *Rotonda de Bellavista*

**Tabla 46:** Datos de cálculo para el tráfico futuro Rotonda de Bellavista.

DATOS	LIVIANOS		BUSES		PESADOS	
l (%)	4,53		1,69		3,37	
n (año)	10	20	10	20	10	20
TPDA (veh)	7374		315		1480	
Tf (veh)	11484	17886	372	440	2061	2871

Fuente: Autora.

## 3.6 PLANIFICACIÓN DEL TRÁNSITO

Para realizar la planificación a tiempos fijos se debe identificar todos los movimientos del transporte en las rotondas.

Se debe estudiar todos los flujos del tránsito permitidos en la rotonda.

De igual manera, analizar las posibles agrupaciones de flujos de tránsito o conflictivos.

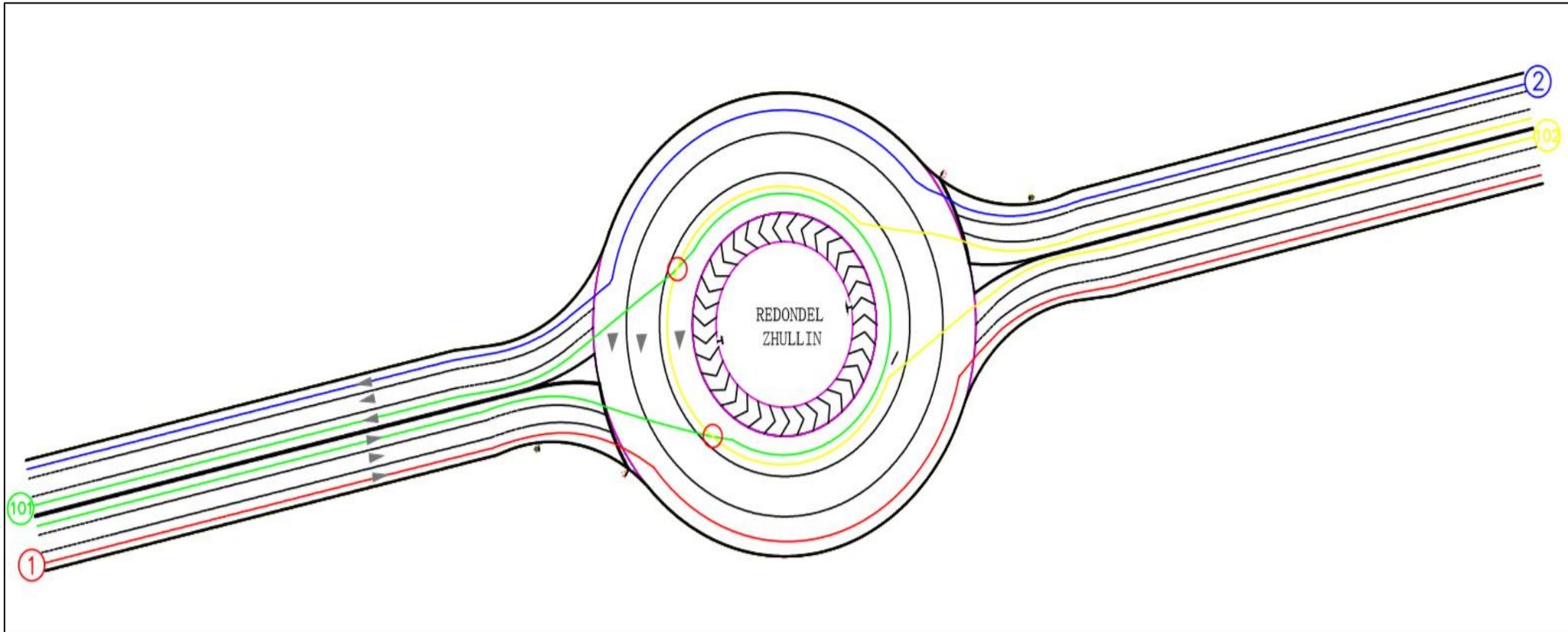
Por último, se debe codificar cada uno de los flujos de tránsito a señalar según nomenclatura legal o interna.

A continuación, se indica la nomenclatura que se utilizará para los respectivos movimientos que puede realizar la rotonda y los conflictos que pueden provocar.

En la Ilustración número 32, 33 y 34 se puede observar los diferentes conflictos ó choques que pueden ocurrir en una rotonda por ejemplo la línea roja en sentido norte-sur del flujo representado por el número “1” no produce ningun tipo de choque de igual manera en el flujo sur- norte de color azul representado por número “2”; en cambio la línea de color verde numero “101” viene en sentido sur-norte y al dar la vuelta en la rotonda puede ocasionar un conflicto con el flujo que viene en sentido norte- sur representado por el color amarillo numero “102”.

Los círculos de color rojos son los que representan los choques que pueden ocurrir en una rotonda .

**Ilustración 32:** Rotonda De Zhullin



**Fuente:** Autora

La nomenclatura que se utilizó es de la norma Alemana Rilsa está basada en décadas de experiencia en el manejo de Rotondas, las mismas que nos permite identificar no solo señales para el tráfico mixto sino también para bicicletas.

La nomenclatura que se utilizó para los movimientos vehiculares son:

- Flujo Norte – Sur: 1
- Flujo Sur – Norte: 2
- Flujo Occidente – Oriente: 3
- Flujo Oriente – Occidente: 4
- Giros izquierdos con señalización independiente: número de flujos directos más el 4 ejemplo 5
- Giros derechos con señalización independiente: anteponer un 9 al número de flujo directo ejemplo 92.
- Giros en U: anteponer un 10 al flujo directo ejemplo 102.

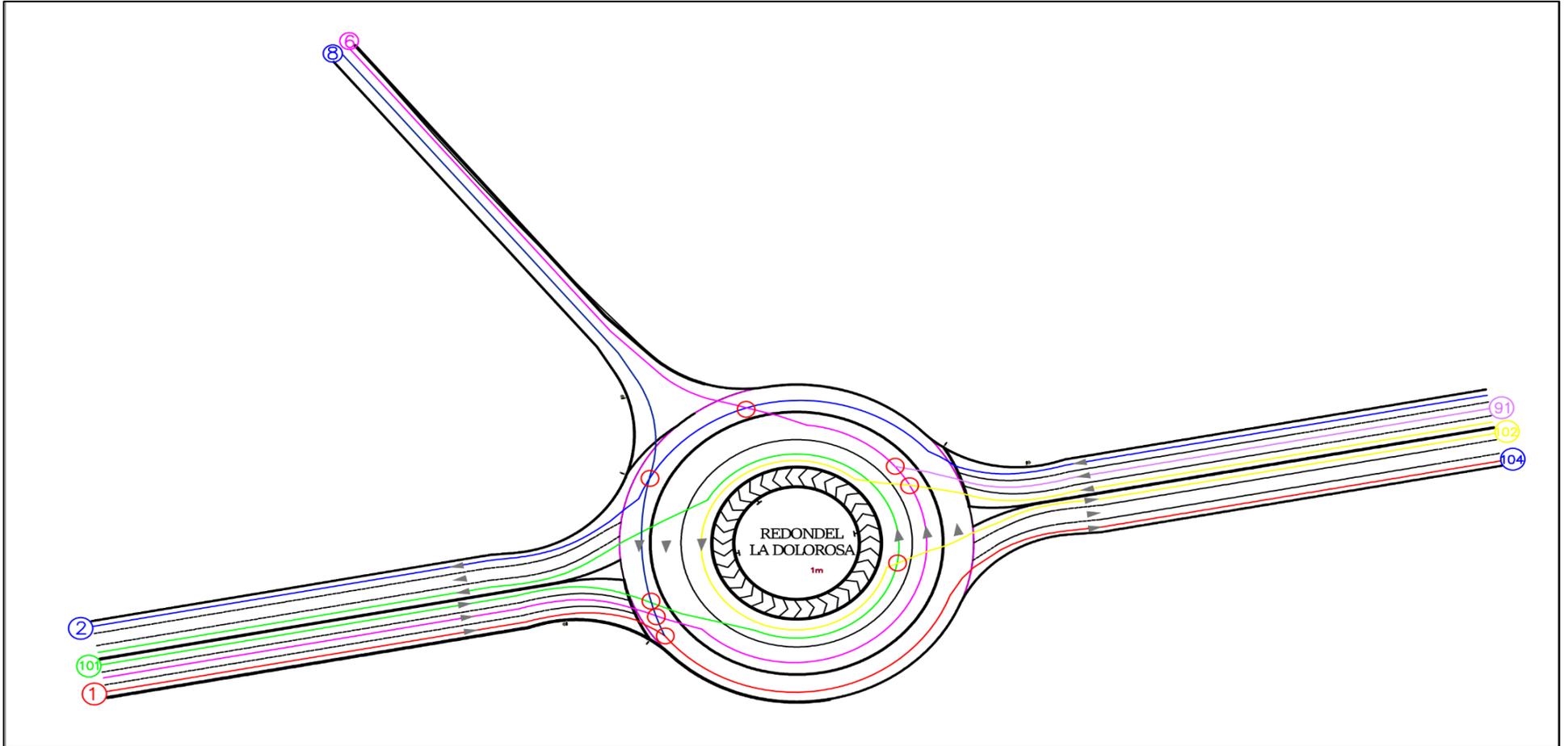
Esta matriz nos indica los choques o conflictos que pueden ocurrir en una rotonda como se puede observar en la rotonda de Zhullín puede haber dos tipos de choques.

**Tabla 47:**Matriz Conflictos Rotonda de Zhullín.

MATRIZ CONFLICTOS														
UBICACIÓN							Zhullin							
	Grupo de señales (ENTRANTES)													
	1	2	3	4	5	6	91	92	93	94	21	22	101	102
Grupo de señales (SAIENTES)	1													X
	2													
	3													
	4													
	5													
	6													
	91													
	92													
	93													
	94													
	21													
	22													
	101													
	102		x											

Fuente: Autora

Ilustración 33: Rotonda La Dolorosa.



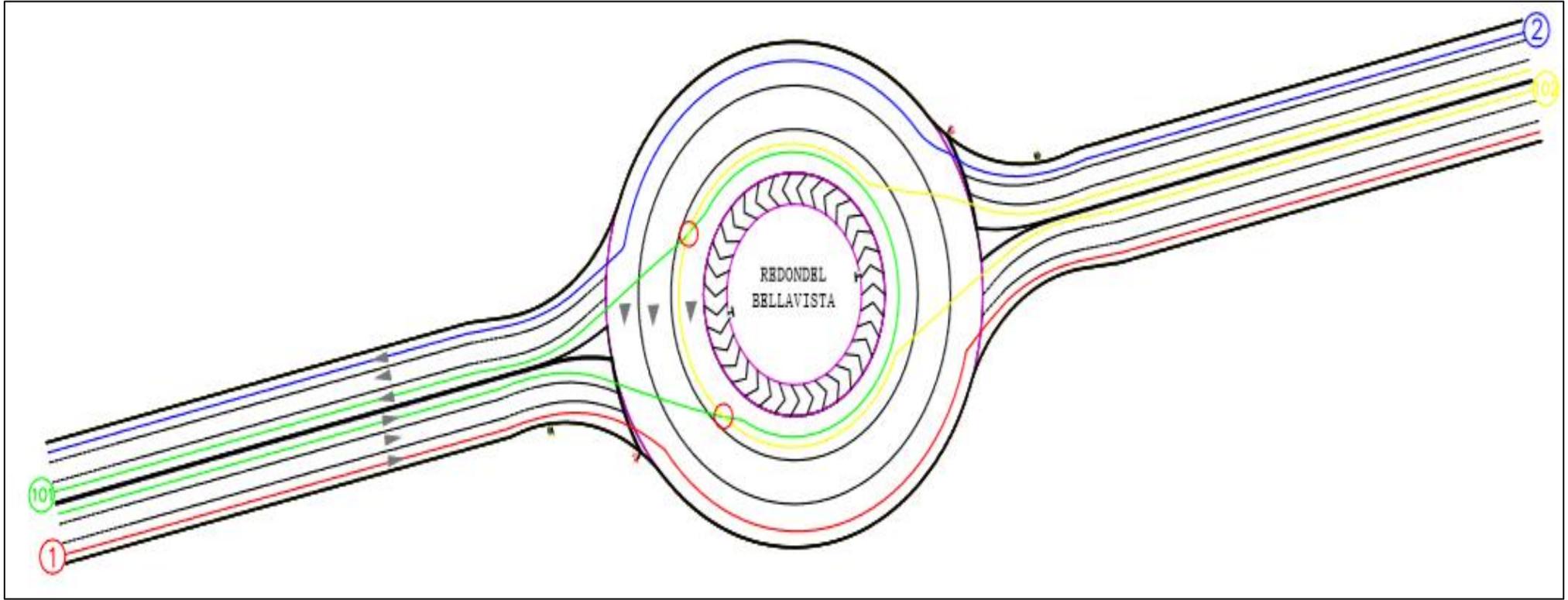
Fuente: Autora

**Tabla 48:** Matiz de Conflictos Rotonda La Dolorosa.

MATRIZ CONFLICTOS															
UBICACIÓN								Dolorosa							
	Grupo de señales (ENTRANTES)														
	1	2	3	4	5	6	8	91	92	93	94	21	22	101	102
Grupo de señales (SALIENTES)	1														X
	2						x								
	3														
	4														
	5														
	6								x						
	8						x								x
	91														
	92														
	93														
	94														
	21														
	22														
	101		x												
	102		x												
104						x									

**Fuente:** Autora

**Ilustración 34:** Rotonda Bellavista



**Fuente:** Autora

**Tabla 49:** Matiz de Conflictos Rotonda Bellavista

MATRIZ CONFLICTOS															
UBICACIÓN							Bellavista								
	Grupo de señales (ENTRANTES)														
	1	2	3	4	5	6	91	92	93	94	21	22	101	102	
Grupo de señales (SAIENTES)	1	x													x
	2		x												
	3			x											
	4				x										
	5					x									
	6						x								
	91							x							
	92								x						
	93									x					
	94										x				
	21											x			
	22												x		
	101													x	
	102		x												x

**Fuente:** Autora.

### NOTA

En cada una de las tablas de la matriz conflictos e Ilustraciones podemos observar que pueden ocurrir choques, considerando que la rotonda de Bellavista y de Zhullin tiene los mismos parámetros en comparación con la rotonda ubicada en la Dolorasa que contiene una ramal más, dando como resultados mayores conflictos.

Los factores a considerar pueden ser:

- El conductor que viene en el carril (recto) se puede quedar dormido.
- Se tiene una velocidad que supera a la máxima permitida.
- Distracción ( errores humanos).
- El cambio de carril, porque no se ha decidido adecuadamente el carril de circulación.

- Los usuarios más vulnerables son los que utilizan movilidad alternativa como son los ciclistas y gente que sale a correr.

### **3.7 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS**

Las rotondas ubicadas en la vía rápida Azogues- Cuenca conformadas por dos ramales de aproximación se encuentra tipificada con una rotonda normal ya que están conformadas por una isla central delimitada por soleras, se recomienda que la velocidad de diseño en la entrada sea de 30 a 40km-h.

Este tipo de rotondas se encuentran emplazada en un terreno que varían de plano a ondulado teniendo en cuenta que las características geométricas de cada una de ellas que se utilizó para el diseño son las siguientes:

En los tramos que conforman desde el sector de Zhullín hasta llegar Azogues se planteó utilizar un ancho de carretera de 3.65 m por carril, las pendientes recomendadas según las características morfológicas de corredor son:

- Carreteras en terreno Plano: Tiene una pendiente transversal de terreno natural de 0 – 5 %. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).
- Carreteras en terreno Ondulado: Tiene una pendiente transversal del terreno natural entre 5 y 25 %.. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).
- Carreteras en terreno Montañoso. - Tiene na pendiente transversal del terreno natural de 25 – 75 %. Las pendientes longitudinales y transversales son fuertes, aunque no las máximas. Existe dificultad en el trazado y construcción de la obra básica. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2012).

Para el diseño de la misma se optó por utilizar una clase de carretera que es equivalente a una AUTOVIA de 6 a 4 carriles correspondientes, utilizando los parámetros de diseño que se especifica en el Ministerio de Transporte de Obras Publicas “MTOB”.

**Tabla 50: Normas de Diseño**

Tipo de terreno	Velocidad de diseño	Coeficiente fricción lateral	Pendiente Máxima (%)	Radio mínimo (m)	Coeficiente “K” curvas verticales convexas	Coeficiente “K” curvas verticales cóncavas	Peralte Máximo (%)
	(KPH)						
Llano	100	0,127	3	350	60	38	10
Ondulado	80	0,14	5	210	28	24	10
Montañoso	60	0,152	7	110	12	13	10

**Fuente:** Ministerio de Transporte de Obras Publicas “MTOB”.

De igual manera para el diseño de rotondas de tres carriles considerando que es una vía rápida y que va ser transitada por todo tipo de camiones para su diseño se consideró un camión tipo WB-50 de acuerdo al diámetro inscrito de la rotonda, este vehículo necesita un carril de un ancho de 5,80 m que se ubicará como carril derecho. También se asume que el carril central va a ser utilizado por vehículos, buses que requiere de un ancho de 4,60 m y un carril izquierdo va a ser utilizado por vehículos livianos, que requiere de un ancho de 3,65 m.

La pendiente transversal adoptada es de 2 %, con pendiente única hacia la parte externa de la calzada.

Con el análisis realizado en base a las normas existentes se establecieron correlaciones entre los parámetros geométricos y a continuación se muestra los valores que se recomienda utilizar por las normas ecuatorianas.

**Tabla 51:** Parámetros recomendados para el anillo de circulación.

Parámetros	Manual Ecuatoriano	
Posicionamiento de isla central	Condicion 1: El centro de la isla central debe estar en el poligono formado por los ejes de ramales	
	Condicion 2: Los ramales pueden estar desfasados a la izquierda del centro de la isla central	
Distancia entre ramales de aproximacion	El ángulo entre los ramales debe ser cencano a 90° , max 105°	
Número de carriles	≥ al número máximo de carriles en la entrada	
Ancho de carril	El ancho de los carriles deben garantizar los movimientos asociados al vehículo de diseño	
Diametro del círculo inscrito	Número de carriles de ciculacion	(m)
	1	30-40
	2	40-50
	multiples	60-80
Radio de la isla central	> 4m	

Fuente: Ministerio de Transporte de Obras Publicas “MTOP”.

**Tabla 52:** Parámetros recomendados para la entrada.

Parámetros	Manual Ecuatoriano	
Número de carriles de aproximacion	1 para rotondas simples y 2 o más para múltiples rotondas, dependiendo de la demanda de tráfico	
Numero de carriles en la entrada	Si es necesario aumentar la capacidad se recomienda incrementar un carril en la entrada	
Ancho total de entrada	# de carriles de circulacion	(m)
	1	4.2 - 5.5
	2	7.3 - 9.1
	3	11.1 - 13.7
Ancho por carril de aproximacion	> 2.5 m	
Longitud de cola	>5m	
Angulo de entrada	Condición recomendable: 20- 60°	
Radio de entrada	Rotonda simple 15 -30 m, rotonda doble > 20m	
Velocidad de entrada	# de carriles circulacion	(km/h)
	1	32-40
	multiples	40-48

Fuente: Ministerio de Transporte de Obras Publicas “MTOP”.

**Tabla 53:**Parámetros recomendados para la salida.

Parámetros	Manual Ecuatoriano	
Número de carriles	Depende el analisis de trafico; se recomiendda 2 o 1 carril con el ancho suficiente para que en caso de que se quede un carro averiado no tape la interseccion.	
Ancho total de salida	# de carriles circulacion	(m)
	1	> 6, recomendado entre 7-7.5
	2	> 8, recomendado entre 10-11
Radio de salida	> 20 m, < 100 m	

**Fuente:** Ministerio de Transporte de Obras Publicas “MTOp”.

**Tabla 54:**Parámetro recomendados de visibilidad.

Parámetros	Manual Ecuatoriano	
Distancia de parada en la aproximacion	Velocidad de trafico (km/h)	Dp (m)
	40	40
	50	60
	60	80
Distancia de parada en el carril de circulacion	Diámetro del circulo inscrito (m)	a (m)
	≤ 40	Todo el cruce
	40 - 60	40
	60 - 100	50
Distancia de parada en zonas peatonales en la entrada y salida	Mismos valores de la distacia de parada en la aproximacion	
Distancia de visibilidad para el ingreso de los vehiculos	Mismo valores de la distacia de parada en el carril de circulacion	

**Fuente:** Ministerio de Transporte de Obras Publicas “MTOp”.

**Tabla 55:** Otros parámetros de la norma Ecuatoriana.

Parámetros	Manual Ecuatoriano
Consistencia de velocidades	La máxima diferencia de velocidad entre las trayectorias libres de los vehículos debe ser máximo 25 km/h
Bermas	Max 1m, pudiendo ser suprimidas
Inclinación longitudinal	Se recomienda que no exceda el 6%, pero puede llegar hasta 10 %
Peralte	(+) 2-2.5 %
Isla Separadora	Longitud > Radio externo (DCI/2) o a 15 m
	Ancho inicial > Radio externo /4 o a 2.5 m
	Ancho en zona de paso peatonal > 1.2 m

**Fuente:** Ministerio de Transporte de Obras Públicas “MOTOP”.

A continuación, se realiza la comparación entre el estado actual y el propuesto que consiste en un análisis de la situación actual y en la elaboración de un rediseño geométrico de los redondeles basado en los parámetros establecidos.

Para realizar las comparaciones de las características geométricas se utilizó como base los parámetros recomendados en las normas Ecuatorianas debido a que la zona de estudio se encuentra dentro de una área urbana consolidada, se consideró el estudio para un vehículo tipo WB-50.

La velocidad de diseño con la que circulan los vehículos dentro de las rotondas es de 30 km/h, según lo permitido por el HCM 2000 con la que es posible determinar la trayectoria que tendrá este al realizar los movimientos de giro.

Para poder cuantificar de mejor manera las características geométricas de los diferentes escenarios se estableció un criterio de ponderación agrupado en 4 categorías que comprende el anillo de circulación de la rotonda, zona de entrada a la rotonda, zona de salida a la rotonda, distancia de visibilidad, de esta manera será posible determinar un número que representa de manera cuantitativa las características geométricas de las rotondas.

Con la ayuda del levantamiento planímetro existente, se ha realizado un análisis de las características geométricas de los redondeles en su estado actual.

Estos tipos de rotondas constan de un círculo inscrito de 29.10 m, un ancho de carril en la rotonda de 5.50 m, con una pendiente de 3.7 % se realizó su cálculo de la siguiente manera:

Para obtener el valor de la pendiente se tomó dos puntos en cada una de las rotondas, la distancia del nivel y una distancia horizontal, con los valores obtenidos pudimos observar que sus pendientes no varían se mantiene en un rango constante, por lo tanto, procedimos a analizar la rotonda de mayor flujo vehicular de Zhullín a continuación indicaremos los resultados obtenidos:

El punto A y el punto B representan las medidas tomadas con un nivel topográfico estos valores son:

$$A=0.75 \text{ m } B= 1.85$$

La altura del instrumento: es la altura a la que se encuentra ubicado el telescopio del instrumento (Nivel Topográfico) = 2.31m

Distancia horizontal entre el punto A y B es 29. 1 m

$$DV = 1.85 - 0.75$$

$$DV = 1.09m$$

Para sacar la pendiente se ocupa la siguiente ecuación:

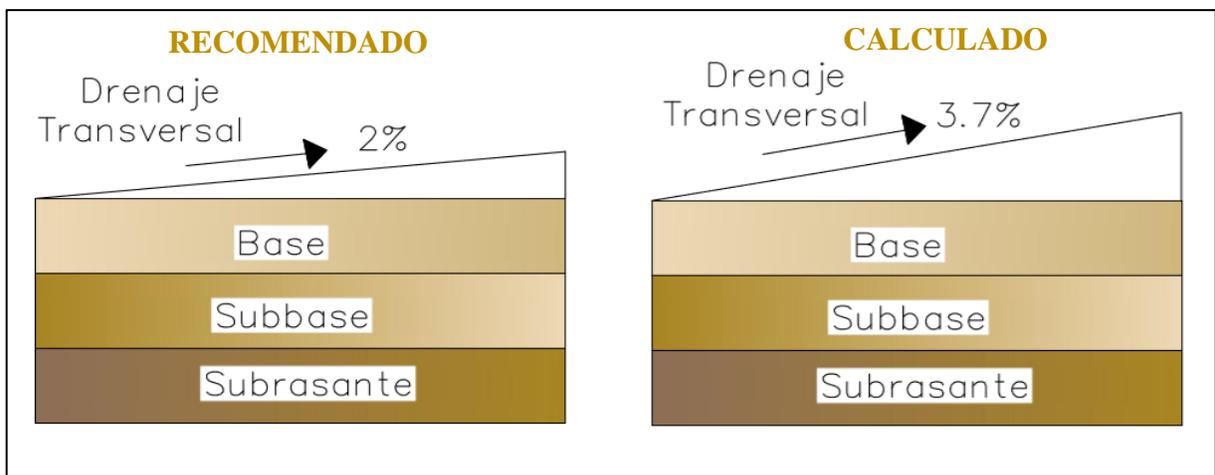
$$P (\%) = \frac{DV}{DH} * 100$$

$$P (\%) = \frac{1.09}{29.1} * 100$$

$$P (\%) = 3.7$$

Luego de obtener estos valores se puede observar que no está cumpliendo con todos los parámetros establecidos ya en la normativa se especifica que la pendiente transversal adoptada para su diseño era de 2 %, con pendiente única hacia la parte externa de la calzada.

**Ilustración 35:** Estudio de Pendientes.



**Fuente:** La Autora

Posteriormente se realizó un rediseño geométrico en cual se tiene que cumplir con todas las normativas establecidas con la finalidad de aumentar la seguridad de las rotondas.

A continuación, se presenta un resumen de las ponderaciones obtenidas del análisis geométrico de las rotondas de su situación actual que se refiere a lo calculado una vez concluido las rotondas, lo diseñado se refiere a todos los valores plateados por la empresa constructora antes de su elaboración y el recomendado en las normas:

**Tabla 56:** Análisis Geométrico de los redondeles

<b>Valor de Ponderacion</b>			
<b>Zona de analisis</b>	<b>Estado Actual</b>	<b>Diseñado</b>	<b>Recomendado</b>
Anillo de Circulacion (m)	30	40	30
Ancho de Entrada (m)	12	13,7	13,7
Velocidad de entrada (km/h)	30	40	30
Ancho de Salida (m)	11	11	11
Total	83	105	85

**Fuente:** La Autora

Como se pudo observar se analizó algunos parámetros geométricos de las rotondas tales como:

- **Diámetro del anillo de circulación.** - es la longitud a través del círculo inscrito por el borde de la calzada circular, el mismo que pero cumple con la normativa pero no cumple con su estado diseñado, y su estado actual que puede ser debido a diferentes factores como el costo, aunque se establece que los diámetros inscritos más pequeños son mejores para la seguridad general, porque ayudan a mantener velocidades bajas, (Board, 2000).
- **Ancho de entrada.** - el diseño de una entrada debe, por un lado, incitar a los usuarios a disminuir la velocidad de aproximación a la rotonda; el mismo que cumple con su estado actual, diseñado y recomendado.
- **Velocidad de entrada.** – es la velocidad de circulación a que deben ingresar los vehículos a la rotonda, se recomienda que las misma no sea mayor a 30 km/h para evitar conflictos, de igual manera está cumpliendo con la normativa, pero no con lo recomendado.
- **Ancho de Salida.** - el diseño de las salidas debe acceder que los vehículos circulantes por el anillo puedan abandonarlo sin producir ninguna alteración

en el resto de vehículos que circulan por él; el cual está cumpliendo con todos los parámetros.

Se puede decir que debido a la variación del clima y la necesidad de un drenaje superficial adecuado se justifica la construcción con la pendiente real frente a la recomendada.

Se puede observar una diferencia entre el estado actual, los diseñados y en la normativa y se observa que se cumple solo con un 80 %, el mismo porcentaje se obtuvo de dividir la suma total del estado actual dividido para la suma total del diseñado por la empresa contractura.

## CAPITULO IV

### 4.1 CONCLUSIONES

- Luego del conteo vehicular realizado durante una semana y el posterior cálculo del tránsito promedio diario semanal, se ha obtenido el siguiente resultado:

Rotondas	Livianos %	Buses %	Pesados %
Zhullín	79,09	3,30	17,63
Dolorosa	79,40	3,53	16,69
Bellavista	80,41	3,44	16,15

Siendo los últimos, en teoría, los que se han utilizado para el análisis geométrico existente en la vía de estudio. Cabe recalcar que la semana en la que se realizó el conteo vehicular, ha sido seleccionada en una época de verano para obtener datos lo más cercanos a la realidad, pues si se realizaba la práctica en otro mes, debido a las lluvias, estos mismos resultados podría haberse vistos afectados debido a que no se podría realizar un conteo adecuado por la lluvia y los datos podrían ser erróneos.

Esta composición vehicular se ofrece como una base de consulta para cualquier estudio posterior que se vaya a realizar en Ingeniería de Tránsito dentro de la Vía Rápida Azogues – Cuenca.

- De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede determinar que las tres rotondas que han sido emplazadas en la vía de estudio no difieren considerablemente en cuanto a las características geométricas propias de cada una, a excepción de la Rotonda de La Dolorosa que cuenta con una arteria adicional que, según las observaciones, sirve para conectar la vía con las poblaciones aledañas. Los valores medidos en campo para: anillo de circulación (diámetro de la rotonda), ancho de entrada y salida, y

velocidad de circulación se mantienen dentro de los rangos permitidos por la Normativa Ecuatoriana de Vialidad (NEVI), eso sí, siendo menores a los valores presentados en el anteproyecto. El valor de mayor variación es el del anillo de circulación que fue planteado para su diseño de 40 m, pero en la realidad se elaboró de 30m, se presume, debió ser modificado para poder cumplir con el ancho de los carriles derecho, central e izquierdo, calculado bajo la consideración del camión tipo WB-50.

- El drenaje, tomado en cuenta como un factor fundamental para un adecuado funcionamiento de la calzada, había sido considerado con un 2% de pendiente transversal, pero debido a los altos caudales que se registran en la zona, los constructores han optado por elevar este valor hasta un, registrado, 3,7%, lo que implica un drenaje transversal más eficiente, que conectado con el drenaje longitudinal y las alcantarillas existentes en la vía representan un sistema funcional de desagüe en el proyecto. Sin embargo, esta pendiente afecta a la seguridad y comodidad del conductor a la hora de ingresar a una rotonda con contra peralte.
- La ubicación de rotondas en la Vía Rápida Azogues – Cuenca presentan altos índices de accidentalidad en la zona, debido a entrevistas realizadas a los conductores y policía nacional se estable según la Agencia Nacional de Tránsito que una de las provincias con la tasa de mortalidad más alta es Azuay con 8,95 personas por 100 mil habitantes. De igual manera el proyecto no es amigable con los usuarios de movilidad alternativa como ciclistas o personas que pretendan realizar actividades deportivas en el extremo de las calzadas ya que no cuenta con un carril adecuado para ellos.

- Desde el punto de vista técnico, y con base en las recomendaciones del *Highway Capacity Manual*, el nivel de servicio que presenta en la actualidad la vía que se estudia es de categoría C, la cual pertenece a un rango de flujo estable, marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada por la intersección con otros usuarios.
- La proyección del tránsito calculada con base en las series históricas del MTOP, permite determinar que no existirá una variación considerable en los porcentajes de la composición vehicular, más bien variará el número de vehículos que transiten diariamente por la vía, este valor presentado a continuación corresponde a la rotonda de Zhullín la misma que tiene mayor flujo vehicular

<b>ROTONDA ZHULLÍN</b>			
<b>Año</b>	<b>Livianos (Veh)</b>	<b>Buses (Veh)</b>	<b>Pesados (Veh)</b>
2018	37288	1556	8313
2038	90445	2175	16130

Esto implica dos cosas: primero, que el nivel de servicio disminuirá conforme pasan los años y segundo, que la infraestructura existente en la vía se verá sometida a mayores esfuerzos por lo que es de vital importancia la intervención preventiva, recomendada en la mitad de la vida útil del proyecto.

## 4.2 RECOMENDACIONES

El presente trabajo está puesto a consideración de los profesionales y técnicos que vayan a realizar un nuevo análisis de Ingeniería de Tránsito en las rotondas existentes en la vía rápida Azogues – Cuenca. Se puede tomar como punto de partida el conteo vehicular que se ha presentado para establecer una serie histórica de TPDA como base del crecimiento vehicular en la zona.

Los elementos geométricos de las rotondas no cumplen al 100% con la normativa vigente, pero dado la complejidad de una reconstrucción, debido al costo que representaría, se recomienda realizar un nuevo análisis dentro de 5 y 10 años. De esta manera se pretende establecer el nivel de funcionalidad de estos elementos geométricos, para con base en la realidad de esos años, plantear reconstrucciones o establecer soluciones no constructivas en cada una de las rotondas. Los elementos geométricos deberían cumplir estrictamente lo establecido por la NEVI – 12, y en la medida de lo posible acatar las recomendaciones del HCM – 2000, siempre teniendo en cuenta que, al ser, esta última, una normativa extranjera, se puede establecer rangos permitidos para el correcto funcionamiento del sistema de transporte.

La vía entregada en el año 2018, deberá someterse a un nuevo análisis cada 5 años para evaluar las condiciones de infraestructura y funcionalidad, teniendo siempre presente el factor de crecimiento vehicular de la zona, debido a que es una arteria principal que conecta dos capitales provinciales y se ha constituido en un foco primordial del desarrollo socio - económico del austro del país. Otro factor a tomar en cuenta es el crecimiento de la ciudad de Azogues, que se está expandiendo en sentido norte – sur hacia la ciudad de Cuenca, por

lo que dentro de, a lo sumo, 20 años, el Plan de Movilidad de la Ciudad de Cuenca deberá contabilizar el número de vehículos de usuarios de Azogues que realizan sus actividades en la Atenas del Ecuador.

Se debe dar un espacio importante a la movilidad alternativa dentro del proyecto. Es decir, un espacio para ciclistas es indispensable; si bien es cierto que el ancho de los carriles de la vía existente no permitiría un emplazamiento inmediato, se recomienda realizar encuestas de uso y establecer un plan piloto para verificar si en realidad existe un número aceptable de usuarios de bicicleta en la vía, todo esto con el fin de que la movilidad en la vía sea dinámica y de diferentes modalidades.

En cuanto a la accidentalidad de la vía, esta tiene su origen, principalmente, en errores de tipo humano, que de acuerdo con la información de la Agencia Nacional de Tránsito, el 50,09% de los accidentes se produce por impericia o imprudencia del conductor, el 13,2% por irrespeto a las normas de tránsito, el 12,31% por exceso de velocidad, el 9,73% por embriaguez, el 7,69% por condiciones externas sin determinar y el 6,99% por imprudencia de otros involucrados, por lo que es indispensable establecer un plan de radares para reducir la velocidad de los conductores que según la recomendación de la NEVI – 12 que para el ingreso de una rotonda está en el orden de los 40 km/h, este factor es indispensable cumplimiento debido a las zonas determinadas en la matriz de conflicto de cada rotonda. Todo esto acompañado de un estricto control en las terminales terrestres tanto de Azogues como de Cuenca se propone con el fin de evitar conductores bajo sustancias estupefacientes y sujetas a control; como resultado se tendrá usuarios que perciban una sensación de seguridad a la hora de utilizar el transporte público.

## BIBLIOGRAFIA

- Board, T. R. (2000). National Cooperative highway Research Program .
- Bridgewater, A. y. (2009). Energias alternativas handbook . nobel S.A.
- Bull, A. (2002). La congestión del tránsito . REVISTA DE LA CEPAL 76 .
- Darder Gallardo. (2005). Rotondas Urbanas. En su: Funciones de las Rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización. Tesis Ing. Caminos. Cataluña. Universidad Técnica de Cataluña.
- Gasulla, M. M. (2011). “Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante micorsimulación de tráfico. Aplicación a la ingtersección de la CV-500 con la CV-401, en El Saler ( T.M Valencia ). Barcelola: Abertis.
- Gomez, F. J. (2006 ). Eficiencia energetica en edificios . Madrid : SDHS.
- Improved Workflow Efficiency & Quicker Network Model Processing. (n.d.). Retrieved from <http://www.sidrasolutions.com/>
- INEC. (n.d.). Retrieved from INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS : <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- INVIAS (Instituto Nacional de Vias ). (n.d.). Retrieved from <https://www.invias.gov.co/>
- James Cárdenas Grisales. (2002). Diseño Geometrico de Carreteras. ECOE.

- JJJ. (n.d.). LEOAN{.
- Lee Rodegerdts, J. B. (2010 ). NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM . WASHINGTON, D.C.
- Ministerio de Transporte y Obras Publicas. (2012). Norma Ecuatoria Vial (NEVI 12). Quito.
- Ortega, E. (2016 ). La accidentalidad de las intersecciones tipo redondeles.
- R. C. (2007). Ingenieria de Tránsito. Mexico.
- SS-Transport Simulation Systems. (n.d.). Retrieved from <https://www.aimsun.com/about-aimsun/>
- Transportation Research Board. (2000). Highway Capacity Manual.

Oficio Nro. UCACUE-GG-UAIIC-A-2019-003-O

Azogues, 28 de enero de 2019

Ing.

Ricardo Romero González

*Docente Tutor de la Carrera de Ingeniería Civil*

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA SEDE AZOGUES**

Presente.

De mi consideración:

Referente al control antiplagio del trabajo de titulación, de la alumna LUISA CRISTINA LOZANO JACHERO; le informo que se ha realizado el ingreso del trabajo de titulación al Servicio de prevención de plagio TURNITIN de la Universidad y el resultado del mismo, se detalla en el siguiente cuadro:

AUTOR	TÍTULO	SIMILITUD	ARCHIVO	N° DEL TRABAJO	FECHA
Luisa Cristina Lozan...	TRABAJO DE TITULACION	10% 		1069762450	28-ene.-2019

Particular que le informo para los fines pertinentes, suscribo.

Atte.

  
Ing. Geovanny González Rodríguez

DOCENTE



# TRABAJO DE TITULACION

## INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Fuente de Internet

1%

2

[repository.ucatolica.edu.co](http://repository.ucatolica.edu.co)

Fuente de Internet

1%

3

[tesis.ucsm.edu.pe](http://tesis.ucsm.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.unap.edu.pe](http://repositorio.unap.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

5

[www.softwaredeingenieria.es](http://www.softwaredeingenieria.es)

Fuente de Internet

1%

6

[www.corpaq.com](http://www.corpaq.com)

Fuente de Internet

<1%

7

[repositorio.unan.edu.ni](http://repositorio.unan.edu.ni)

Fuente de Internet

<1%

8

[repository.udistrital.edu.co](http://repository.udistrital.edu.co)

Fuente de Internet

<1%

9

[repositorio.utea.edu.pe](http://repositorio.utea.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

10	<a href="http://gadmatic.ambato.gob.ec">gadmatic.ambato.gob.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.sanjoseca.gov">www.sanjoseca.gov</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://www.catedrasabertis.com">www.catedrasabertis.com</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://erevistas.uacj.mx">erevistas.uacj.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://upcommons.upc.edu">upcommons.upc.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://dc.exa.unrc.edu.ar">dc.exa.unrc.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://dspace.utpl.edu.ec">dspace.utpl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a>	

	Fuente de Internet	<1%
22	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1%
23	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
24	<a href="http://www.altoalmanzora.com">www.altoalmanzora.com</a> Fuente de Internet	<1%
25	<a href="http://es.wikipedia.org">es.wikipedia.org</a> Fuente de Internet	<1%
26	<a href="http://www.cuevadecivil.com">www.cuevadecivil.com</a> Fuente de Internet	<1%
27	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
28	<a href="http://ordenjuridicodemo.segob.gob.mx">ordenjuridicodemo.segob.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1%
29	<a href="http://www.fic.utp.ac.pa">www.fic.utp.ac.pa</a> Fuente de Internet	<1%
30	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%

*Azogues, 20 mayo del 2019*

**Asunto:** Permiso del Autor de Tesis para Subir al Reposito Institucional.

**Señor.**

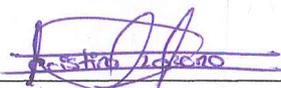
Byron Alfonso Torres Romo

**Bibliotecario Sede Azogues**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA SEDE AZOGUES

Yo Luisa Cristina Lozano Jachero, portadora de la cedula de ciudadanía Nro. 0302711775. En la calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “EVALUACIÓN DE ROTONDAS Y PROPUESTAS DE DISEÑO PARA EL CASO DE LA AUTOPISTA AZOGUES-CUENCA”, de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo, autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 114 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Atentamente



---

Luisa Cristina Lozano Jachero

C.I: 0302711775



## El Bibliotecario de la Sede Azogues

### CERTIFICA:

Que: **LOZANO JACHERO LUISA CRISTINA**, con cédula de ciudadanía Nro. **0302711775** de la Carrera de Ingeniería Civil.

No adeuda libros, a esta fecha: **10 de abril de 2019**.

Eco. Fabián Rodríguez Herrera

**Bibliotecario**

**Biblioteca Universitaria**  
MONS. "FROILAN POZO QUEVEDO"