

Universidad Científica del Perú



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ASISTIDA:
“ORGANIZACIÓN DE LAS INTERSECCIONES
URBANAS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, 2015”**

**PLANTEAMIENTO DE IMPLEMENTACIÓN DE MINI
ROTONDAS**

AUTORES:

Bach. VÁSQUEZ CRUZ, Víctor Andrés
Bach. JIMENÉZ MONTEZA, Dany Omar

ASESOR:

Ing. DANIEL ANTONIO PAREDES ARÉVALO

Requisito Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

**TARAPOTO – PERÚ
2015**

ACTA DE EXAMEN DE SUSTENTACIÓN EN TITULACIÓN

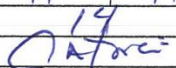
En la ciudad de Tarapoto, a las 19:00 horas del día 25, del mes de abril de 2015, en el aula de Grados y Títulos de la Universidad Científica del Perú, se reunió el **Jurado Examinador** que lo conforman el docente Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera como Presidente y los Docentes Ing. Caleb Ríos Vargas y Ing. Lorenzo Manuel Sampen Ordoñez como Miembros, para evaluar la sustentación del Informe de Investigación **"ORGANIZACIÓN DE LAS INTERSECCIONES URBANAS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, 2015"** Presentado por los sustentantes:

Bach. VÍCTOR ANDRÉS VÁSQUEZ CRUZ

Bach. DANY OMAR JIMÉNEZ MONTEZA

En la modalidad del Programa de Titulación de la facultad de Ciencias e Ingeniería – Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Programa de Titulación TARAPOTO 2014 – I.

Después de las deliberaciones correspondientes, se procedió a evaluar, teniendo como resultado:

Indicador	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Promedio
A. Dominio del tema	14	14	14	14
B. Calidad de redacción del Informe	14	14	14	14
C. Competencia Expositiva argumentación y coherencia	14	14	14	14
D. Calidad de respuestas	14	14	14	14
E. Uso de terminología especializada	14	14	14	14
Calificación	14	14	14	14
Calificación Final				
Calificación Final (en letras)				

Aprobado por :.....

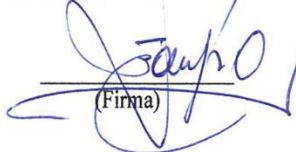
Presidente : Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera

Miembro : Ing. Caleb Ríos Vargas

Miembro : Ing. Lorenzo Manuel Sampen Ordoñez


(Firma)


(Firma)


(Firma)

Leyenda:

INDICADOR	PUNTAJE
Desaprobado	Menos de 13 puntos
Aprobado por Mayoría	De 14 a 15 puntos
Aprobado por Unanimidad	De 16 a 17 puntos
Aprobado por Excelencia	De 18 a 20 puntos

Nota: La calificación es en el sistema vigesimal (0 - 20).

DEDICATORIA

- A Dios:** Por la existencia, por sus bendiciones, por guiarme en cada paso que doy y permitirme ser su hijo.
- A mi madre:** Luz Marina Cruz Tello, por su incansable apoyo día a día y su inconmensurable amor de madre que me brinda desde mis primeros llantos en este mundo hasta los días de hoy. Gracias madre querida este logro no hubiese sido posible sin ti, por formarme de manera correcta para ser un ciudadano de bien.
- A mi abuela:** Olinda Tello Vela, por ser mi segunda madre al darme todos los cuidados y consejos que toda madre hace por sus hijos.
- A mi hermana:** Mary Miyumi Guima Cruz, por ser mi amiga y compañera de travesuras y por mostrarme siempre en todo momento su nobleza incomparable.

Víctor Andrés Vásquez Cruz

DEDICATORIA

A mi querido padre Teodomiro Jiménez Rocillo, que ha sido siempre un hombre admirable, que me ha brindado cuidados, amor y comprensión, quien con sus sabios consejos orientó mis pasos por el camino recto de la vida, convirtiéndose por sus virtudes en el mejor de mis amigos.

A mi madre Gladys Monteza Cabrera, recibe esta modesta dedicación como un homenaje a tu grandeza, que de niño me dieras cuidados y de hombre fortaleza. Hago votos para que hoy de dicha mis logros te colmen y mañana te llenen de orgullo. Ten presente que la gloria más grande que tengo es el ser hijo tuyo.

A mis hermanos Manuel Alberto Jiménez Monteza y José Luis Jiménez Monteza por estar conmigo y apoyarme siempre.

A mi novia Rudy Tiffany Rodríguez Vela por su gran amor, comprensión y apoyo incondicional.

Dany Omar Jiménez Monteza

AGRADECIMIENTO DE LOS AUTORES

Primeramente damos infinitamente gracias a Dios, por llenar nuestras vidas de dicha y bendiciones.

A la Universidad Científica del Perú y a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, a la Facultad de Ingeniería Civil de ambas por el apoyo que nos brindaron en la parte inicial y final de este anhelado proyecto.

A todos mis amigos pasados y presentes; pasados por ayudarme a crecer y madurar como persona y presentes por estar siempre conmigo apoyándome en todas las circunstancias posibles.

Al Ing. Daniel Antonio Paredes Arévalo, asesor del presente Proyecto de Investigación Asistida, por brindarnos el apoyo técnico necesario para la realización del mismo.

Al Ing. Marcos Díaz Espinoza, por haberme permitido ser parte de su equipo de trabajo y con ello haber abierto las puertas a muchas nuevas oportunidades en mi desarrollo profesional.

Los Autores

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	11
2. MARCO TEORICO REFERENCIAL	12
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	12
2.2. BASES TEÓRICAS	12
2.2.1. Intersecciones	12
2.2.2. Rotondas	20
2.2.3. Evaluación de la Capacidad en Intersecciones no Semaforizadas	31
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	39
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	39
3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	39
3.2.1. Problema General	39
3.2.2. Problemas Específicos	39
4. OBJETIVOS	40
4.1. OBJETIVO GENERAL	40
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
5. HIPÓTESIS	40
6. VARIABLES	41
6.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	41
6.2. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES	41
6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	42
7. METODOLOGÍA	42
7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
7.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	42
7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	42
7.3.1. Población	42

7.3.2. Muestra	42
7.4. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	43
7.4.1. Técnicas de Recolección de Datos	43
7.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos	43
7.4.3. Procedimiento de Recolección de Datos	43
7.5. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	43
7.5.1. Procesamiento	43
7.5.2. Análisis de los Datos	43
8. RESULTADOS	44
8.1. AFOROS	44
8.2. VOLUMEN HORARIO DE MAXIMA DEMANDA (VHMD)	48
8.3. FACTOR DE LA HORA DE MAXIMA DEMANDA (FHMD)	48
9. DISCUSIÓN	54
10. CONCLUSIONES	56
11. RECOMENDACIONES	57
12. BIBLIOGRAFÍA	58
13. ANEXOS	59

ÍNDICE DE FIGURAS

- **FIGURA N° 01:** Puntos de Conflicto en una Intersección sin Isla Central.
- **FIGURA N° 02:** Puntos de Conflicto en una Intersección con Isla Central.
- **FIGURA N° 03:** Intersecciones sin Canalizar y Canalizadas.
- **FIGURA N° 04:** Representación de Intersecciones a Nivel y Desnivel.
- **FIGURA N° 05:** Tipos de Isletas.
- **FIGURA N° 06:** Posición de Lentes de un Semáforo de 3 Luces.
- **FIGURA N° 07:** Tipos de Intersecciones.
- **FIGURA N° 08:** Esquema de una Intersección Giratoria o Rotonda.
- **FIGURA N° 09:** Esquema de una Rotonda Normal.
- **FIGURA N° 10:** Características Geométricas de una Mini Rotonda.
- **FIGURA N° 11:** Procedimiento para Determinar Uso de Señal “Pare” o “Ceda el Paso”.
- **FIGURA N° 12:** Esquema de Una Rotonda Doble Contigua.
- **FIGURA N° 13:** Esquema de Una Rotonda Doble con Tramo en Unión.
- **FIGURA N° 14:** Tasa de Flujo y Volumen.
- **FIGURA N° 15:** Tasa de Flujo Horario y Volumen Horario.
- **FIGURA N° 16:** Diagrama de Capacidad en Vías Secundarias (MOPU).
- **FIGURA N° 17:** Impreso del MOPT para la Realización de Aforos Manuales.

ÍNDICE DE TABLAS

- **TABLA N° 01:** Ventajas y Desventajas Entre las Intersecciones a Nivel y las Intersecciones a Desnivel.
- **TABLA N° 02:** Ventajas y Desventajas de las Rotondas.
- **TABLA N° 03:** Criterio para el Empleo de Señal “Pare”.
- **TABLA N° 04:** Tabla de Registro de Aforo Vehicular Mixto.
- **TABLA N° 05:** Operacionalización de las Variables.
- **TABLA N° 06:** Tabla de Registro de Aforo Vehicular Mixto.
- **TABLA N° 07:** Tabla de Registro de Aforo Vehicular Mixto.
- **TABLA N° 08:** Tabla de Registro de Aforo Vehicular Mixto.
- **TABLA N° 09:** Tabla de Registro de Aforo Vehicular Mixto.

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

En el presente Proyecto de Investigación Asistida se evalúan la organización y funcionamiento de las intersecciones viales no semaforizadas en la ciudad de Tarapoto, tomando como referencia aquellas donde existan conflictos constantemente y registros de accidentes tránsito; la evaluación consiste en determinar las capacidades en los accesos de las vías secundarias hacia las vías principales en el grupo de intersecciones estudiadas y la verificación de la existencia de señalizaciones y de elementos canalizadores de tránsito, teniendo como fin proponer la instalación de mini rotondas que permitan la separación del flujo vehicular para una correcta circulación.

Para la realización del trabajo de campo se cuantificaron las cantidades de vehículos que circulan en las intersecciones en estudio en un intervalo de tiempo determinado, el intervalo de tiempo elegido es en el cual ocurre la mayor circulación de vehículos o mayor tráfico, el cual también se denomina “hora punta”; para el registro de estas cantidades se utilizaron métodos de aforo manuales en donde se realizan anotaciones de cada vehículo que circula en tablas o formatos impresos.

Luego de hacer el registro de todas las características de las intersecciones, se procedió con el trabajo de gabinete el cual consistió en la determinación de Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD) para el posterior cálculo del Factor Horario de Máxima demanda (FHMD) para periodos de 5, 10 y 15 minutos. Posteriormente se procedió con la determinación de la Capacidad en las vías secundarias de las intersecciones en estudio para el análisis de la implementación de mini rotondas.

PALABRAS CLAVE:

- Intersecciones.
- Señalización.
- Mini rotondas.
- Capacidad.
- Volumen.
- Intensidad.
- Aforos.

1. INTRODUCCIÓN

En las dos últimas décadas la ciudad de Tarapoto ha sufrido considerables cambios y variaciones en su entorno, ha experimentado un crecimiento acelerado y a su vez desordenado debido a la falta de planificación, actúa como el área principal de atracción de los flujos migratorios intra y extra regionales y por ende es la ciudad más poblada de la región San Martín. Estos cambios han permitido el progreso y el desarrollo, siendo considerada en los últimos años como la capital económica de la región.

Como en las grandes ciudades, todo este cambio también implica un crecimiento complejo en lo referente al transporte, trayendo consigo conflictos entre vehículos y peatones, sobre todo las demoras en la circulación debido a la falta de ordenamiento en el flujo vehicular que ocurren en su mayoría en las intersecciones de la ciudad, las cuales constituyen uno de los componentes más complejos de un sistema vial.

El presente trabajo tiene el propósito de identificar y analizar los conflictos que ocurren dentro de la organización de las intersecciones no semaforizadas en la ciudad de Tarapoto para luego plantear una posible solución con la implementación de islas canalizadoras de tránsito y mini rotondas para un buen funcionamiento integral entre la capacidad, la intersección, y el entorno edificado.

2. MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Como antecedentes a este trabajo de investigación podemos citar las siguientes Tesis realizadas para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil:

- Díaz Vargas (2009)¹, Bachiller de la Universidad de Piura – Facultad de Ingeniería, en su Tesis concluye: *“La glorieta (en especial la multi-carril) es una de las infraestructuras más seguras y eficientes, que permite canalizar el flujo vehicular de manera más ordenada, permitiendo minorizar las demoras que se producen en una intersección, a comparación de una intersección común”*.
- Esquivel Fernández (2011)², Bachiller de la Pontificia Universidad Católica del Perú – Facultad de Ciencias e Ingeniería, en su tesis concluye: *“Las intersecciones tipo rotonda y mini rotonda organizan el tráfico en una intersección siempre y cuando se justifique su uso, correcto dimensionamiento y señalización”*.

También podemos citar a las siguientes instituciones internacionales que desarrollaron los criterios de diseño de intersecciones, Díaz Vargas (2009)³:

- AASHTO Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
- Highway Capacity Manual 2000.
- Manual on Uniform Traffic Control Devices.
- Manual of Traffic Signal Design.
- Traffic Detector Handbook.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Intersecciones

2.2.1.1. Definición⁴

Se define como intersección la zona en la que confluyen dos o más vías. Los tramos de carreteras o vías urbanas que confluyen en la intersección se denominan ramales.

Las intersecciones constituyen una parte esencial de la red viaria, ya que son los puntos en los que se puede cambiar de vía para seguir el itinerario

¹ DIAZ I. 2009. “Análisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a nuevo Terrapuerto de Piura”. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil. UDEP. Piura – Perú.

² ESQUIVEL W. 2011. “Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas”. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil. PUCP. Lima – Perú.

³ ESQUIVEL W. 2011. “Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas”. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil. PUCP. Lima – Perú, pp. 12.

⁴ JIMENEZ A. L. 2011. “Gestión Técnica del Tráfico”. Tema 9, pp. 3.

deseado. En ellas los vehículos pueden seguir distintas trayectorias, y es necesario ordenarlas para reducir los conflictos entre los distintos movimientos.

Por otra parte y especialmente en zonas urbanas, las intersecciones son puntos críticos desde el punto de vista de la capacidad. Producen también una disminución sensible del nivel de servicio, porque es necesario reducir la velocidad, y si la intensidad de tráfico es elevada, puede ser preciso esperar durante algún tiempo antes de poder atravesar una intersección.

2.2.1.2. Funcionamiento de las Intersecciones⁵

Las intersecciones de las diferentes trayectorias de los vehículos dan lugar a la aparición de puntos de conflicto, que pueden ser de los siguientes tipos:

Puntos de convergencia: a los que llegan los vehículos siguiendo trayectorias distintas, y de los que salen siguiendo una trayectoria única.

Puntos de divergencia: a los que llegan los vehículos siguiendo una trayectoria común, y de los que salen siguiendo trayectorias distintas.

Puntos de cruce: en los que se cortan dos trayectorias distintas.

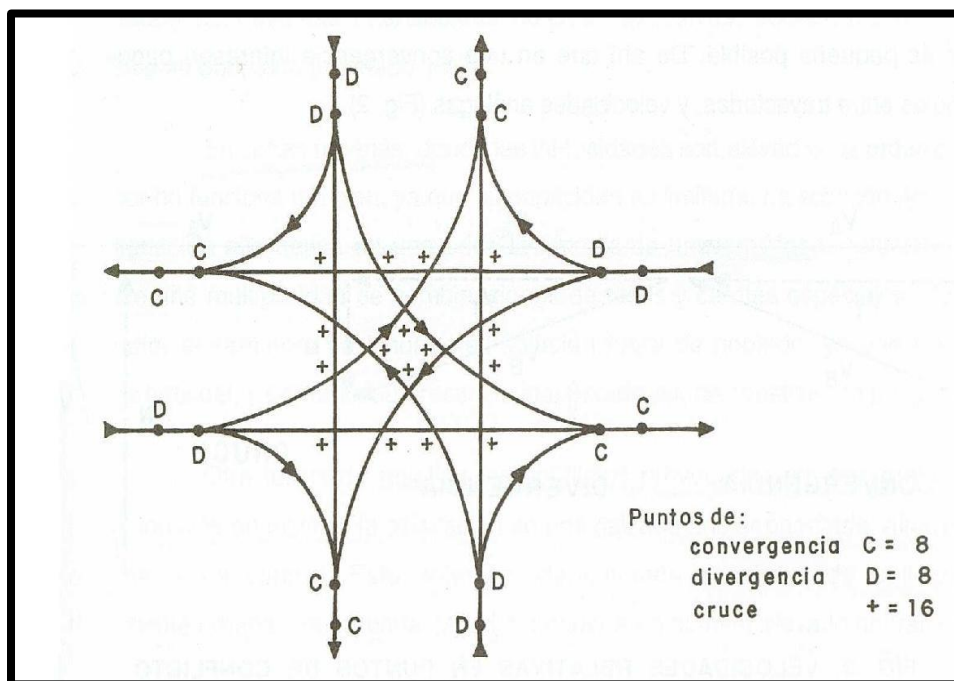


FIGURA N° 01: *Puntos de Conflicto en una Intersección sin Isla Central*

Fuente: (Jiménez A. L., 2011)⁶

⁵ JIMENEZ A. L. 2011. "Gestión Técnica del Tráfico". Tema 9, pp. 3, 4.

⁶ JIMENEZ A. L. 2011. "Gestión Técnica del Tráfico". Tema 9, pp. 4.

Como puede verse en la **FIGURA N° 01**, en el caso de una intersección de 4 ramales completa se presentan 8 puntos de convergencia, 8 puntos de divergencia y 16 puntos de cruce, considerando los puntos de conflicto como simples, es decir, que en ellos concurren únicamente dos trayectorias distintas. En general puede demostrarse que en una intersección con N ramales se presentarán:

- Puntos de convergencia = $N * (N-2)$
- Puntos de divergencia = $N * (N-2)$
- Puntos de cruce = $N^2 * (N-1) * (N-2) / 6$

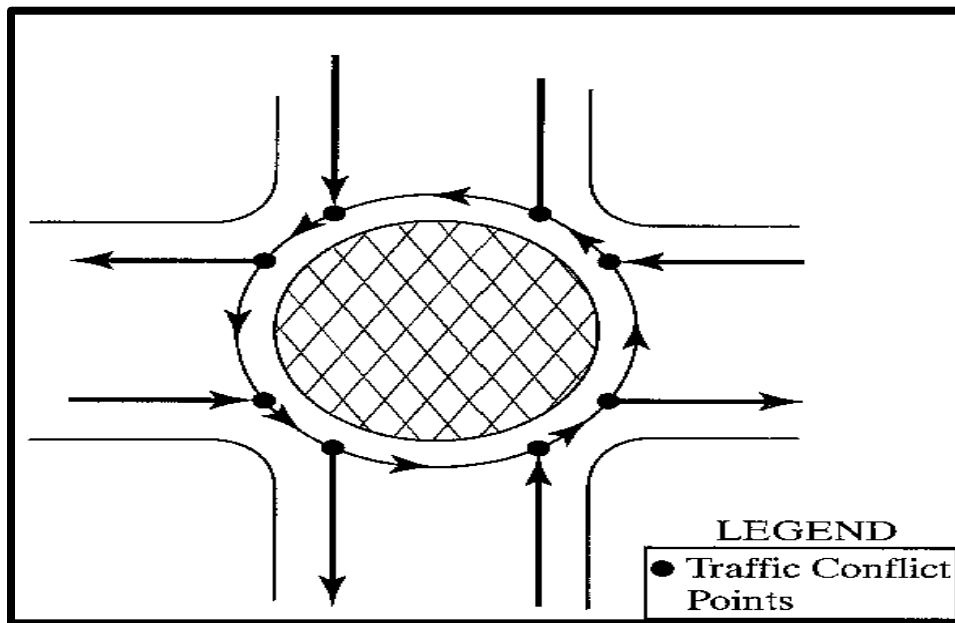


FIGURA N° 02: Puntos de Conflicto en una Intersección con Isla Central

Fuente: (McShane - Roess, 2004)⁷

En la **FIGURA N° 02**, en el caso de una intersección de 4 ramales con isla central se presentan 4 puntos de convergencia, 4 puntos de divergencia y ningún punto de cruce.

2.2.1.3. Clasificación de las Intersecciones

Se tiene a continuación las siguientes clases:

Intersecciones a Nivel: En este tipo de intersección el cruce se realiza a nivel, es decir, los ejes de las diversas vías se cortan en un punto, por lo tanto ocurren conflictos entre los vehículos que se cruzan (Bañón - Beviá)⁸.

⁷ McShane-Roess. 2004. "Traffic Engineering", pp. 775.

⁸ Bañón – Beviá. "Manual de Carreteras". Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/1.

- *Canalización de Intersecciones*⁹: En función de la intensidad de tráfico y por tanto, de la capacidad que se pretenda conseguir, se distinguen dos tipos principales de intersecciones: canalizadas y sin canalizar. Las primeras, debido a la delimitación de las trayectorias conseguida mediante isletas, lágrimas y dispositivos similares, tienen mayor capacidad que las segundas.

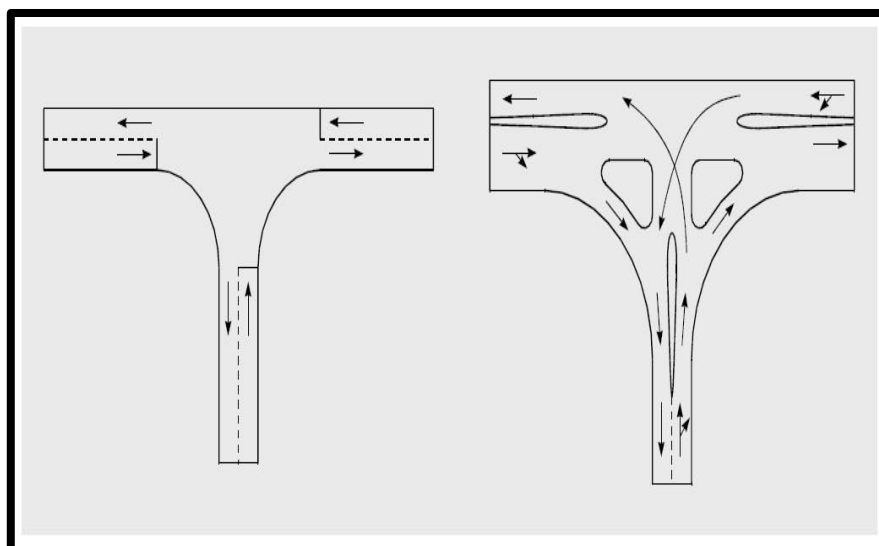


FIGURA N° 03: Intersecciones sin Canalizar y Canalizadas

Fuente: (Bañón - Beviá)¹⁰

Intersecciones a Desnivel: También conocidas como enlace, en esta clase de intersecciones el cruce se realiza a distinto nivel, intersectándose en este caso las proyecciones horizontales de los ejes (Bañón – Beviá)¹¹.

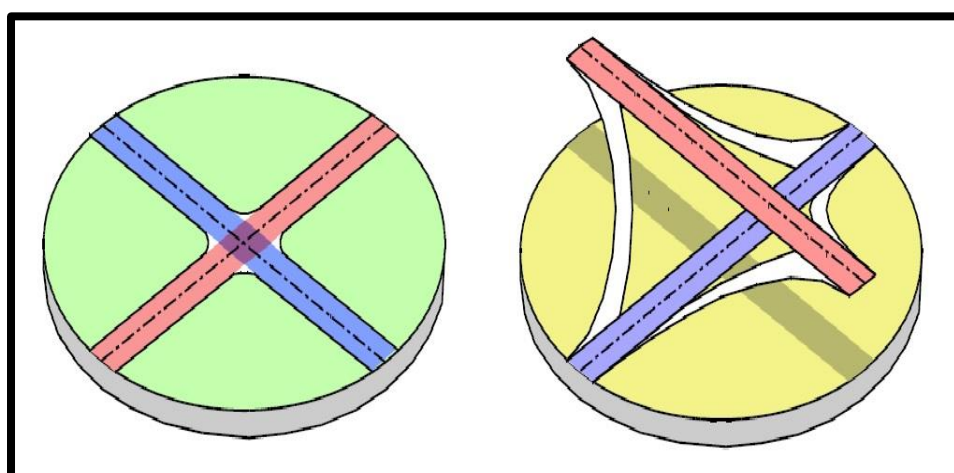


FIGURA N° 04: Representación de Intersecciones a Nivel y Desnivel

Fuente: (Bañón - Beviá)¹²

⁹ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/3.

¹⁰ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/3.

¹¹ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/1.

Ventajas y Desventajas Entre las Intersecciones a Nivel y las Intersecciones a Desnivel:

Intersecciones a Nivel	Intersecciones a Desnivel
VENTAJAS Mayor facilidad de proyecto y construcción. Requieren una menor superficie. Generalmente son más económicos.	VENTAJAS Favorecen la circulación fluida de vehículos. Son más cómodos para el conductor. Son más seguros y previenen accidentes.
DESVENTAJAS Menor capacidad de Tráfico. Obligan a reducir la velocidad o incluso a parar. Condicionadas por la visibilidad.	DESVENTAJAS Su proyecto puede resultar más complejo. Requieren grandes superficies de Terreno. Precisan un mayor movimiento de tierras.

TABLA N° 01: Ventajas y Desventajas Entre las Intersecciones a Nivel y las Intersecciones a Desnivel
Fuente: (Bañón - Beviá)¹³

2.2.1.4. Elementos Canalizadores y Reguladores¹⁴

Existen una serie de elementos que regulan y canalizan el acceso y la circulación en una intersección. Entre los existentes, destacan dos de ellos: isletas o elementos canalizadores, y semáforos o elementos reguladores.

Isletas: Las isletas son zonas bien definidas, situadas entre carriles de circulación, destinadas a guiar el movimiento de los vehículos y a servir de eventual refugio a los peatones.

¹² Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/2.

¹³ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/2.

¹⁴ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/5, 5/6.

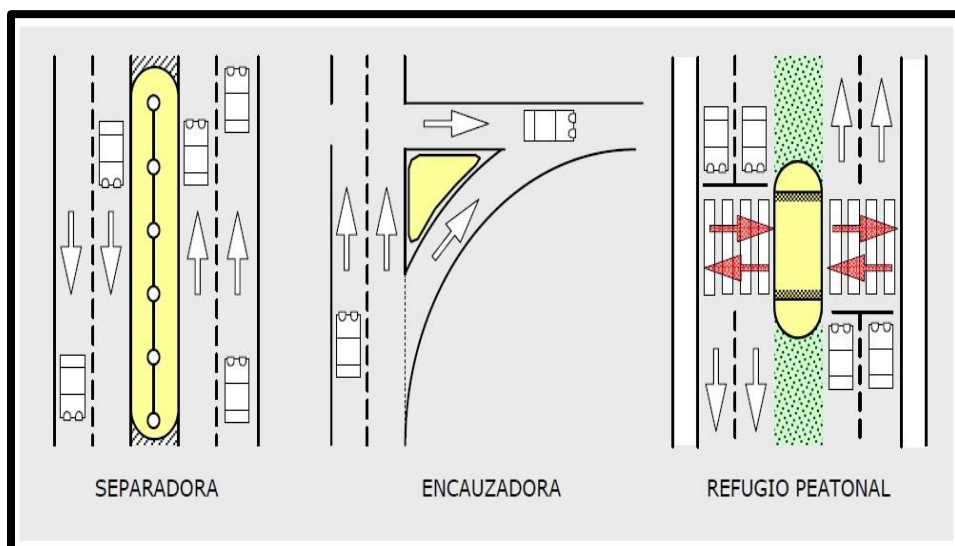


FIGURA N° 05: Tipos de Isletas

Fuente: (Bañón – Beviá)

Semáforos: Los semáforos son los elementos reguladores del tráfico por excelencia en las zonas urbanas, aunque su uso puede llegar a hacerse necesario en carreteras, especialmente en intersecciones próximas a núcleos de población.

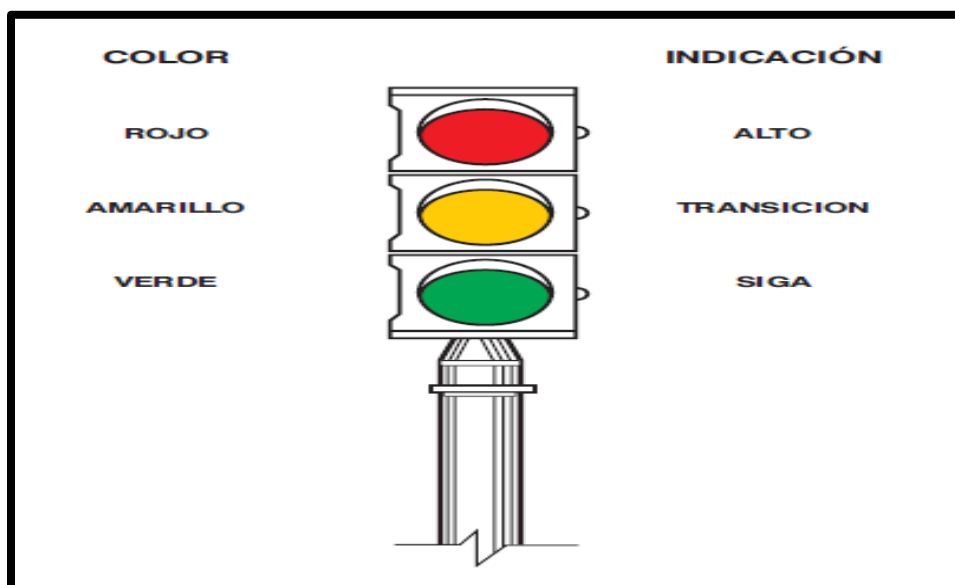


FIGURA N° 06: Posición de Lentes de un Semáforo de 3 Luces

Fuente: (MDCTACC)¹⁵

¹⁵ M. T. C., MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS, pp. 128.

2.2.1.5. Tipología de las Intersecciones¹⁶

Aunque la variedad de intersecciones que pueden proyectarse es casi ilimitada, puede establecerse una tipología de las mismas en función del número de vías o ramales que concurren. Dentro de algunos de estos grupos, pueden distinguirse dos subgrupos en función de la disposición geométrica que adoptan los ramales.

En la siguiente figura se muestra un resumen tipológico de las mismas:

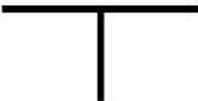
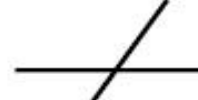
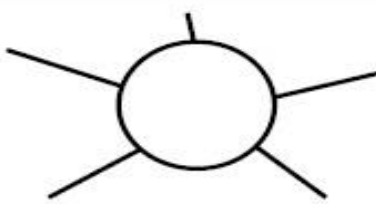
	Perpendiculares	Oblicuas
Tres ramales	 En T	 En Y
Cuatro ramales	 En cruz	 En X
Múltiple		
Giratoria		

FIGURA N° 07: Tipos de Intersecciones

Fuente: (Bañón - Beviá)¹⁷

¹⁶ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/8.

¹⁷ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/8.

2.2.1.6. Intersecciones Semaforizadas¹⁸

Los semáforos pueden emplearse para eliminar muchos conflictos, porque se puede asignar el uso de la intersección a diferentes flujos vehiculares en momentos diferentes. Ya que esto conduce a una demora de los vehículos para todos los flujos, es importante que los semáforos se usen sólo cuando sean necesarios. El factor más importante que determina la necesidad de los semáforos en una intersección específica, es el volumen de tránsito en el acceso a la intersección, aunque otros factores como el volumen de peatones y el historial de accidentes, también pueden tener un papel preponderante.

Los factores a considerarse son:

- Volumen vehicular de ocho horas.
 - Volumen vehicular mínimo.
 - Interrupción del tránsito continuo.
 - Combinación de requisitos.
- Volumen mínimo de peatones.
- Cruce escolar.
- Sistema coordinado de semáforos.
- Historial de accidentes.
- Red carretera.
- Volumen vehicular de cuatro horas.
- Hora Pico.
 - Demora de la hora pico.
 - Volumen de la hora pico.

2.2.1.7. Intersecciones no Semaforizadas¹⁹

Son aquellas intersecciones que no son controladas por dispositivos electrónicos, como lo son los semáforos.

En una intersección no semaforizada el conductor se enfrenta, básicamente, a dos decisiones: cuándo le corresponde cruzar y en qué momento resulta seguro hacerlo. El procedimiento más aceptado para reflejar este comportamiento, y estimar la capacidad en intersecciones no semaforizadas, se basa en el “Modelo de Aceptación de Intervalos”.

El modelo establece, en primer lugar, un orden o ranking de prioridades de los distintos movimientos posibles dentro de la intersección. Los conductores

¹⁸ DIAZ I. 2009. “Análisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a nuevo Terrapuerto de Piura”. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil. UDEP. Piura – Perú. Cap. 1, pp 10.

¹⁹ GALARRA-HERZ-ALBRIEU. “Capacidad y Nivel de Servicio en Calles Urbanas”. Maestría en Ciencias de la Ingeniería con Mención en Transporte de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Pp 5/15.

deben respetar los derechos de paso de otros conductores, es decir ceder el paso a quien corresponda.

2.2.2. Rotondas

2.2.2.1. Concepto

Bajo la denominación de rotonda se designa a un tipo especial de intersección, caracterizada porque los tramos que en ella confluyen se comunican a través de un anillo (calzada aproximadamente circular) en el que se establece una circulación rotatoria alrededor de una isleta central.

La circulación en la rotonda se realiza dejando la isleta central a la mano izquierda del conductor y, hecho excepcional, los vehículos que se encuentran dentro de la calzada circular tienen preferencia sobre los que se incorporan a ella, a pesar de llegar por su derecha.

En una rotonda, las trayectorias de los vehículos no se cruzan, sino que convergen y divergen: por ello el número de puntos de conflicto es más reducido que en otros tipos de nudo, especialmente al aumentar el número de tramos que confluyen en la intersección (por lo que resultan especialmente adecuadas en este caso).²⁰

Este tipo de intersección surge como un intento de remediar los incipientes problemas de congestión y accidentalidad en las ciudades de principios de siglo. Propuesta a la vez por el ingeniero neoyorquino William Eno y por el arquitecto parisino Eugène Hénard, el cual se basó en la idea de “obligar a los vehículos a rodear un obstáculo, describiendo trayectorias casi concéntricas que se corten bajo ángulos muy pequeños” (Bañón – Beviá)²¹.

²⁰ MOZOTA A. 2011. “Gestión Técnica del Tráfico”. Tema 10, pp. 3.

²¹ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/15.

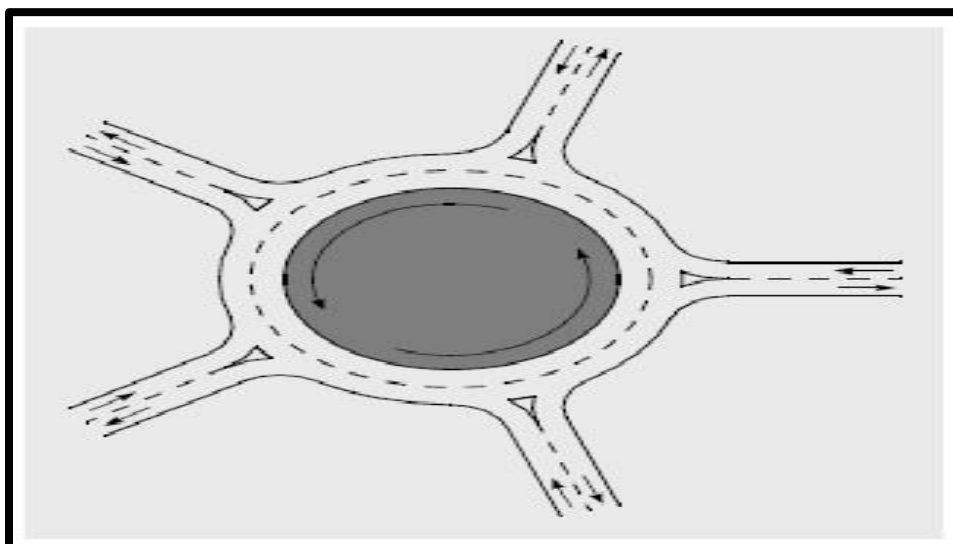


FIGURA N° 08: Esquema de una Intersección Giratoria o Rotonda

Fuente: (Bañón - Beviá)²²

Ventajas y Desventajas de las Rotondas:

En el siguiente cuadro se detalla las ventajas y desventajas del uso de rotondas:

Ventajas	Desventajas
Posibilidad de intersección de múltiples ramales.	Ocasionan la pérdida de prioridad de todos los tramos que acceden a ella.
Sencillez y uniformidad de funcionamiento.	Uniformiza los criterios funcionales de las vías, desvirtuándose su jerarquía.
Mayor capacidad.	Impone demoras a todos los usuarios.
Tiempos de espera menores.	Plantea problemas de desplazamiento a los peatones.
Menor accidentalidad.	Impide una correcta gestión del tráfico de los transportes colectivos públicos.
Menores costes de mantenimiento.	Resuelve mal el tráfico de bicicletas.
Mejor integración ambiental.	Un mal diseño o un cambio en las condiciones de circulación puede desvirtuar todas las ventajas en teoría posee.
Correctamente diseñada, a igual capacidad ofrece mayor fluidez y seguridad.	No se conoce del todo su comportamiento ante ciertas situaciones de tráfico.
Repetida a lo largo de un tramo, es un elemento moderador de la velocidad.	
Conecta vías de distinto régimen y categoría.	
Lamina el tráfico entrante en una población.	

TABLA N° 02: Ventajas y Desventajas de las Rotondas

Fuente: (Bañón - Beviá)²³

²² Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/15.

2.2.2.2. Clases

Según su Geometría:

Hay tres tipos principales de rotondas: normal, mini rotonda y doble. Las demás son variantes de estos tipos básicos: intersección anular, rotonda a distinto nivel y rotonda con semáforos.

En este trabajo se dará mayor énfasis a las mini rotondas.

Rotonda Normal²⁴

Una rotonda normal tiene una isleta central de 4 m o más de diámetro, y generalmente entradas “abocinadas” que permiten una entrada múltiple de vehículos.

El número recomendado de tramos es tres o cuatro. Las rotondas normales funcionan especialmente bien con tres tramos (mejor que las intersecciones reguladas por semáforos), siempre que la intensidad de la circulación esté bien equilibrada entre los accesos. Si el número de tramos es mayor de cuatro, su comprensión por el conductor se ve afectada y la rotonda ha de ser mayor, con lo que las velocidades resultan mayores: en estas circunstancias pueden resultar más convenientes las rotondas dobles.

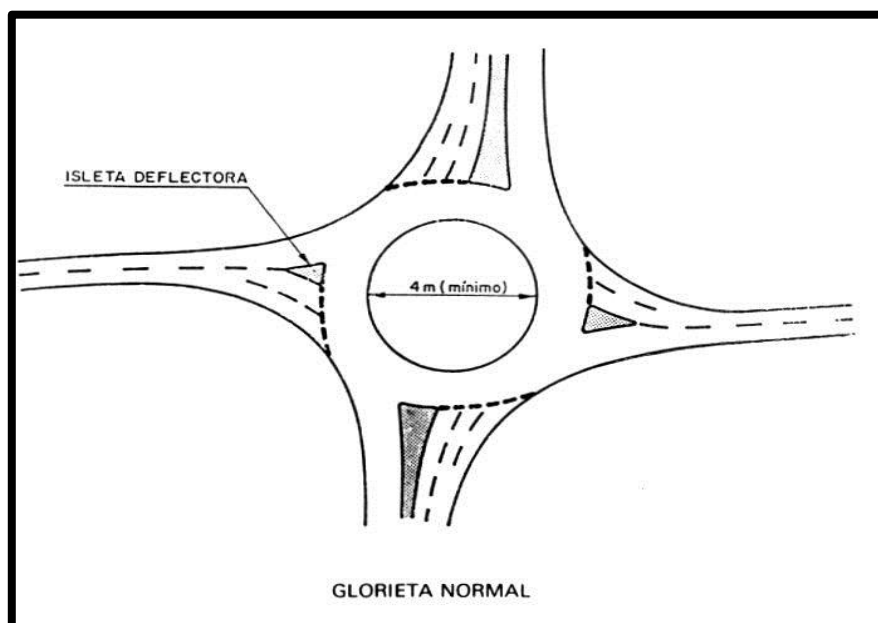


FIGURA N° 09: Esquema de una Rotonda Normal

Fuente: (Mozota A. - 2011)²⁵

²³ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5 pp. 5/18.

²⁴ MOZOTA A. 2011. “Gestión Técnica del Tráfico”. Tema 10, pp. 4.

²⁵ MOZOTA A. 2011. “Gestión Técnica del Tráfico”. Tema 10, pp. 28.

Mini Rotonda

Una mini rotonda se define como aquella rotonda cuya isleta central posee un diámetro inferior a cuatro metros. Este reducido diámetro implica un funcionamiento diferente de la intersección, de ahí su diferenciación.

En este tipo de intersecciones, el islote central suele ser montable (los vehículos pueden invadirlo con relativa facilidad), estando a veces definido mediante marcas viales únicamente. Este hecho se debe a que los vehículos largos con un mayor radio de giro serían incapaces de maniobrar en un espacio tan reducido, por lo que deben de invadir la isleta para franquear la intersección. El resto de vehículos se ven obligados a describir una trayectoria circular²⁶.

Las mini rotondas pueden ser muy efectivas para mejorar intersecciones urbanas existentes con problemas de capacidad y seguridad²⁷.

La función principal de una mini rotonda es eliminar, a un muy bajo costo, los conflictos por virajes hacia la izquierda que se producen en intersecciones. Así por ejemplo, si en una intersección de dos vías de doble sentido regulada por señales de prioridad se dan 32 conflictos, éstos se reducen a 8 si se instala una mini-rotonda (o rotonda), y además aumenta la capacidad de la intersección. Además de lo anterior, la mini rotonda puede ser usada como una medida calmante de velocidad en vías largas y rectas.

La eficiencia operacional de una mini rotonda dependerá de la habilidad de los conductores para entrar a ésta en forma segura en las brechas del tráfico que viene por su izquierda, y que cedan el paso a aquéllos que ya están en ella para que no se bloquee²⁸.

De cara a su estudio, se distinguen dos clases de mini rotondas²⁹:

- Parcialmente franqueables: La isleta central es parcialmente montable, es decir, parte de la isleta permite el paso de vehículos largos a su través. Presentan un diámetro exterior de entre 18 y 24 m. y no suelen plantear problemas especiales de diseño.
- Totalmente franqueables: La totalidad del islote es montable por los vehículos. Los diámetros exteriores de este subtipo oscilan entre 14 y 20 m.

²⁶ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5, pp. 5/22.

²⁷ MOZOTA A. 2011. “Gestión Técnica del Tráfico”. Tema 10, pp. 4.

²⁸ CONASET 2010. MEDIDAS DE TRÁFICO CALMADO - GUÍA PRÁCTICA. Guía de criterios para la aplicación, ubicación, diseño y señalización de medidas para el tráfico calmado, pp. 52.

²⁹ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5, pp. 5/22.

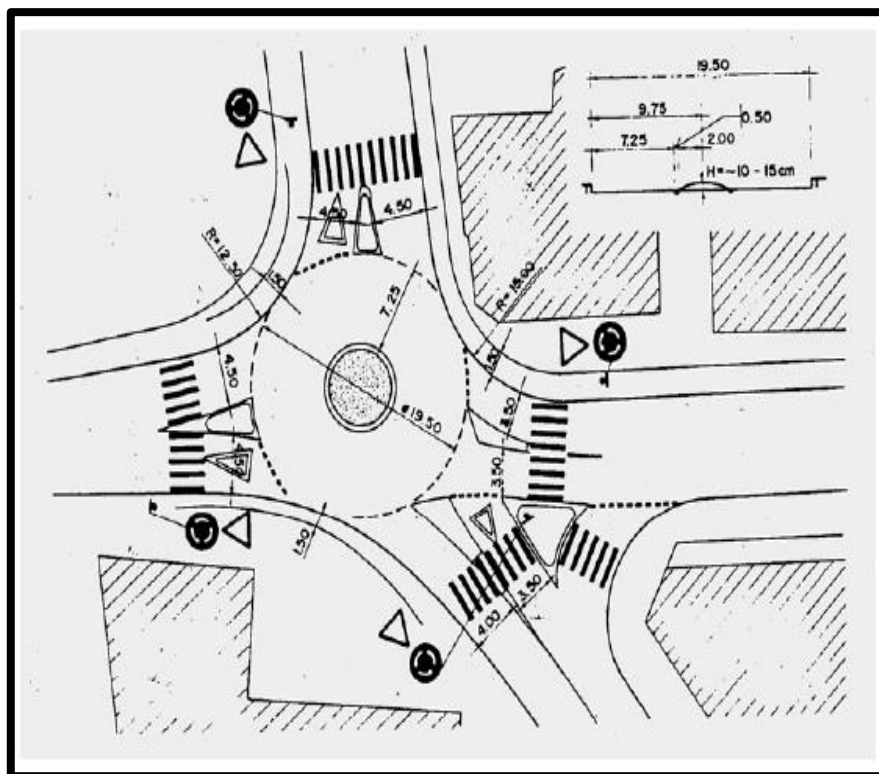


FIGURA Nº 10: Características Geométricas de una Mini Rotonda

Fuente: (Bañón - Beviá)³⁰

- Ventajas de las Mini Rotondas³¹

Las principales ventajas de este tipo de intersecciones son su reducido tamaño, su simplicidad de construcción y uso, su economía y su seguridad.

El reducido espacio que ocupa una mini rotonda la convierte en una solución válida para zonas urbanas fuertemente densificadas, donde la necesidad de suelo es muy alta. Muchas veces se emplean para reemplazar intersecciones preexistentes que han quedado saturadas.

A diferencia de sus hermanas mayores, la construcción de una mini rotonda no requiere un excesivo coste. A la menor superficie ocupada se une la simplicidad de sus elementos: en ocasiones, la isleta central puede definirse únicamente mediante marcas viales y dispositivos reflectantes. Estos dos factores suponen una mayor economía en su construcción.

La baja velocidad de circulación en este tipo de intersecciones supone un arma de doble filo: por un lado, limita su empleo a zonas urbanas, con velocidades en los ramales de acceso inferiores a 40-50 km/h.; por otro lado, esta limitación

³⁰ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5, pp. 5/22.

³¹ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 5, pp. 5/23.

de velocidad - unido a la propia geometría del nudo - reducen el número de accidentes producidos en este tipo de intersecciones.

- Requisitos³²

La instalación de mini rotondas se justificará cuando se cumpla al menos uno de los siguientes criterios:

- a) Que en una intersección haya ocurrido a lo menos un accidente de tránsito anual durante los dos últimos años.
- b) Que los conflictos por virajes hacia la izquierda y/o la velocidad y/o visibilidad constituya un factor de riesgo.
- c) Que la vía esté siendo utilizada, o que se prevea - como impacto de nuevos proyectos - se constituya en un vía de paso en desmedro del entorno y la seguridad de tránsito.

- Ubicación

Las mini rotondas se instalan en intersecciones, o bien donde exista un acceso o accesos con altos flujos y virajes hacia izquierda, pero también pueden instalarse en tramos en donde sea necesario calmar la velocidad y proveer puntos de retorno. Son particularmente útiles cuando hay más de cuatro brazos y en los puntos donde el flujo vehicular es similar en todos los brazos y de niveles medios a bajos.

- Diseño

La mini rotonda es una medida de gestión y seguridad de bajo costo y, por lo general, no es necesario realizar grandes cambios al trazado de la intersección, ya que lo más importante es la isla central que es de mínima altura, e incluso ésta puede ser demarcada solamente y reforzada con elementos que realcen su notoriedad.

La isla central generalmente es solamente demarcada (borde y relleno) de pintura blanca. El diámetro no debe ser mayor a 4.00 metros ni menor a 1.00 metro, dimensión que depende de las características físicas de la intersección y de las vías que llegan a ella.

Cuando la isla es sólida, la altura en el punto mayor no debe ser mayor a 12 cm., y para diámetros menores, la altura debe ser no mayor al 3% de dicho diámetro. La altura debe lograrse gradualmente y el ángulo desde el borde no debe superar los 15 %. Ver Anexo A. 01: Detalle de Isla Central.

³² CONASET 2010. MEDIDAS DE TRÁFICO CALMADO - GUÍA PRÁCTICA. Guía de criterios para la aplicación, ubicación, diseño y señalización de medidas para el tráfico calmado, pp. 52.

Cuando la isla central es solamente pintada (de acuerdo al MDCTACC³³ y al ETPOV³⁴) se recomienda reforzar con otros elementos que realcen su notoriedad, como por ejemplo, delineadores reflectivos o llamados también “ojos de gato”. En algunos casos pueden instalarse topes en un círculo interior cuyo diámetro no debe ser mayor al 25% del diámetro total de la isla. Estos elementos se pueden combinar, siendo el criterio más importante el de una adecuada percepción por parte de los conductores. Ver Anexos A. 03 y A. 04.

Es importante mencionar que la isla central debe ir complementada con flechas de dirección, las cuales deben estar (desde su borde interior) al borde de la isla a una distancia de aproximadamente el doble del diámetro de la isla pero no inferior a 1,25 m ni mayor que 3,00 m. El largo depende de la dimensión de la isla³⁵. Ver Anexo A. 02.

Los cruces para peatones deben disponerse a no menos de seis metros de la intersección y si el espacio lo permite deben proveerse islas peatonales reforzadas con topes verticales, y elementos canalizadores, como por ejemplo, vallas peatonales para desincentivar cruces de peatones muy cerca de las esquinas. En los accesos a la intersección, si el espacio lo permite pueden proveerse isla canalizadoras para los vehículos³⁶.

- Señalización

Como en los demás tipos de intersecciones, la señalización vertical y las marcas viales deben formar parte del trazado desde su concepción, en vez de añadirse al final; pero en el caso de una mini rotonda, es fundamental destacar su particular funcionamiento, basado en la prioridad de paso de los vehículos que circulan por la calzada anular frente a los que esperan entrar en ella, es decir, prioridad a la mano izquierda.

Básicamente este tipo de intersecciones pueden operar con las siguientes señales de prioridad:

– **Señales de Prevención**

³³ M. T. C., MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS.

³⁴ M. T. C., ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PINTURA PARA OBRAS VIALES.

³⁵ CONASET 2010. MEDIDAS DE TRÁFICO CALMADO - GUÍA PRÁCTICA. Guía de criterios para la aplicación, ubicación, diseño y señalización de medidas para el tráfico calmado, pp. 54.

³⁶ CONASET 2010. MEDIDAS DE TRÁFICO CALMADO - GUÍA PRÁCTICA. Guía de criterios para la aplicación, ubicación, diseño y señalización de medidas para el tráfico calmado, pp. 54.

Cruce de peatones (P - 48)³⁷: Advierte la proximidad de cruces peatonales, que se delimitarán mediante marcas en el pavimento. Ver Anexos A. 05 y A. 06.

Intersección rotatoria (P - 15)³⁸: Esta señal se utiliza para advertir al conductor la proximidad de una intersección rotatoria (óvalo o rotonda). Ver Anexos A. 07 y A. 08.

– Señales Reguladoras

Señales Relativas al Derecho de Paso:

Pare (R - 1)³⁹: Indica a los conductores que deberán efectuar la detención de su vehículo. Ver Anexos A. 09 y A. 10.

Ceda el paso (R - 2)⁴⁰: Indica al conductor que ingresa a una vía preferencial, ceder el paso a los vehículos que circulan por dicha vía. Ver Anexos A. 09 y A. 11.

Los criterios para determinar el empleo de estas señales reguladoras son⁴¹:

- Debe emplearse una señal relativa al derecho de paso cuando el volumen vehicular que converge a una intersección, considerando todas las ramas, supere en algún periodo del día los 100 vehículos por hora.
- El tipo de señal relativa al derecho de paso depende de las condiciones de visibilidad. Se emplea “Ceda el Paso” si el conductor del vehículo que transita por la calle subordinada puede ver cualquier vehículo que circule por la otra vía, disponiendo del tiempo y la distancia necesarios para permitirle el paso sin entrar al cruce. En caso contrario debe emplearse la señal “Pare”.
- En general, la señal “Pare” debe usarse en pocas ocasiones, ya que su uso indiscriminado afecta negativamente su credibilidad y, en consecuencia, cuando realmente se requiere, en lugar de ayudar a la seguridad del cruce, puede deteriorarla.

El procedimiento a usar es el siguiente (ver **FIGURA N° 11**):

³⁷ M. T. C., MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS, pp. 38.

³⁸ M. T. C., MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS, pp. 34.

³⁹ M. T. C., MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS, pp. 22.

⁴⁰ M. T. C., MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS, pp. 22.

⁴¹ BULL A. 2003. CEPAL - Naciones Unidas. CONGESTION DE TRANSITO, El Problema y Cómo Enfrentarlo, pp. 60, 61, 62.

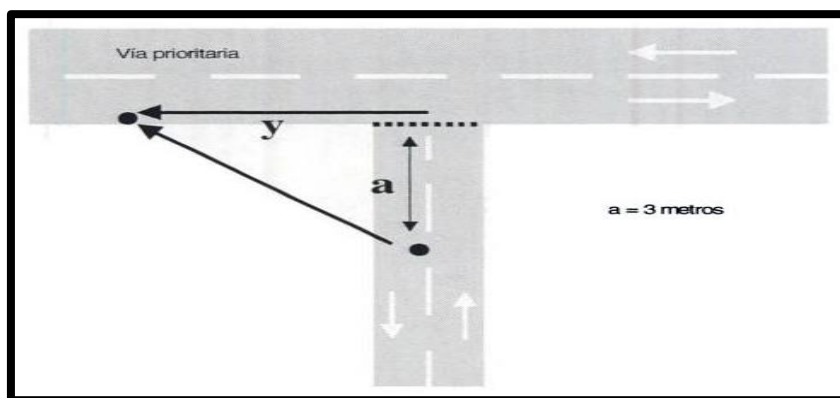


FIGURA N° 11: Procedimiento para Determinar Uso de Señal “Pare” o “Ceda el Paso”
Fuente: (Bull A. - 2003)⁴²

- A partir de la continuación del borde de la calzada de la vía prioritaria, se traza una línea imaginaria “a”, de 3 metros de largo, localizada a lo largo de la línea central de la vía subordinada.
- A partir del eje central de la vía subordinada y en dirección contraria al tránsito, se traza sobre el borde de la calzada de la vía prioritaria otra línea imaginaria “y”, cuya longitud está dada en el **TABLA N° 03**, en función de la velocidad máxima de esta vía.
- Se instala la señal “Ceda el Paso” cuando desde cualquier punto de la línea “a” se tiene visibilidad no interrumpida por tramos de más de un metro sobre la línea “y”. En caso contrario se debe instalar la señal “Pare”.

Si la vía prioritaria tiene doble sentido de tránsito se debe realizar este procedimiento separadamente para cada sentido, correspondiendo instalar señal “Pare” si a lo menos en un sentido se justifica.

La instalación de una señal “Ceda el Paso” o “Pare” debe complementarse siempre con la respectiva demarcación de pavimento correspondiente.

Nota: La instalación de una señal “Pare” o “Ceda el Paso” se hace por criterio de visibilidad y no por la mayor importancia de una respecto de la otra.

Velocidad Máxima en la Vía Prioritaria (en km/h)	Visibilidad de la Vía Prioritaria Desde la Secundaria (en m)
Mayor que 90	Usar señal “Pare”
90	<180
80	<140
70	<120
60	<90
50	<70

TABLA N° 03: Criterio para el Empleo de Señal “Pare”
Fuente: (Bull A. - 2003)⁴³

⁴² BULL A. 2003. CEPAL - Naciones Unidas. CONGESTION DE TRANSITO, El Problema y Cómo Enfrentarlo, pp. 61.

Rotonda Doble⁴⁴

Una rotonda doble es una intersección compuesta por dos rotondas normales o mini rotondas, contiguas o conectadas por un tramo de unión o por una isleta alargada materializada por un bordillo. Las rotondas dobles pueden ser especialmente útiles:

- Para unir dos carreteras paralelas separadas por un obstáculo lineal tal como un río, un ferrocarril o una autopista.
- Para acondicionar intersecciones existentes separando giros a la izquierda opuestos con una ordenación de "giro a la indonesia".
- En intersecciones asimétricas o de planta muy desviada, en las que una intersección convencional requeriría un amplio desvío de los accesos, y una rotonda normal una excesiva ocupación.
- En rotondas normales congestionadas, porque se incrementa su capacidad al reducir la intensidad más allá de las entradas críticas.
- En intersecciones con más de 4 tramos, una rotonda doble consigue una mayor capacidad con una seguridad aceptable y un uso más eficiente del espacio, mientras que las glorietas normales son grandes y producen elevadas velocidades, con la consiguiente pérdida de capacidad y seguridad.

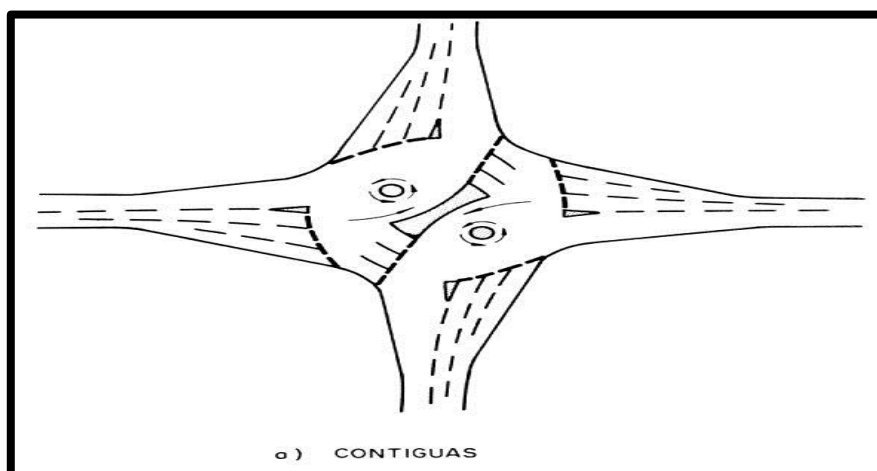


FIGURA N° 12: Esquema de Una Rotonda Doble Contigua

Fuente: (Mozota A. - 2011)⁴⁵

⁴³ BULL A. 2003. CEPAL - Naciones Unidas. CONGESTION DE TRANSITO, El Problema y Cómo Enfrentarlo, pp. 62.

⁴⁴ MOZOTA A. 2011. "Gestión Técnica del Tráfico". Tema 10, pp. 5.

⁴⁵ MOZOTA A. 2011. "Gestión Técnica del Tráfico". Tema 10, pp. 28.

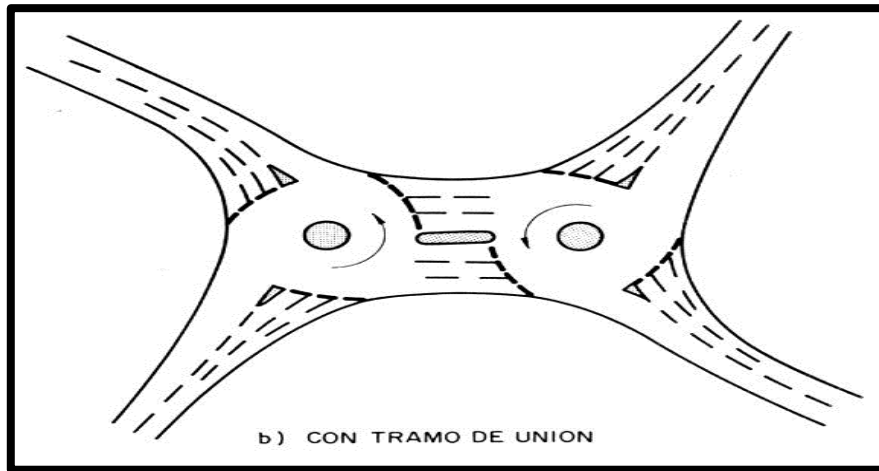


FIGURA N° 13: Esquema de Una Rotonda Doble con Tramo en Unión

Fuente: (Mozota A. - 2011)⁴⁶

2.2.2.3. Ubicación⁴⁷

Interurbanas:

Las rotondas que sirven como intersección de carreteras suelen ser de gran tamaño y al tener un tráfico más disperso no hay problemas en los tramos afluentes de carácter secundario. Sin embargo, tienen el problema de que imponen una cesión de paso de una vía que muchos conductores asumen como principal ante otra por lo que ninguna tiene una preeminencia sobresaliente. Sin una cultura automovilística de uso de rotondas esto puede acarrear problemas como son los accidentes.

Suburbanas o Periurbanas:

En vías suburbanas o periurbanas, las rotondas tienen la ventaja de que obligan al conductor a percibir que se acerca a zona poblada. Aunque en muchas ocasiones, sean glorietas de cuatro tramos, los cuales forman dos vías bien diferenciadas, una principal y otra secundaria, en estos casos, es una ventaja, y no un inconveniente, la obligación de ceder el paso al llegar a la intersección por el cambio psicológico que inducen en el conductor.

Urbanas:

En zonas urbanas, las habituales limitaciones de espacio y las grandes variaciones de intensidad de tráfico según la hora del día, hacen que las rotondas funcionen mal sobre todo en horas punta.

Esto puede obligar a la semaforización de la rotonda aunque sea a tiempo parcial.

⁴⁶ MOZOTA A. 2011. "Gestión Técnica del Tráfico". Tema 10, pp. 28.

⁴⁷ MOZOTA A. 2011. "Gestión Técnica del Tráfico". Tema 10, pp. 6, 7.

Distinto es el caso de vías urbanas interiores con poca intensidad de tráfico donde la imposición de “ceda el paso” a todas las calles favorece la seguridad, y donde una mini rotonda no tendrá problemas al ser vías vedadas a los vehículos pesados.

2.2.3. Evaluación de la Capacidad en Intersecciones no Semaforizadas

Para la evaluación de la capacidad en intersecciones no semaforizadas se realizan una serie de actividades y se aplican metodologías propias de la ingeniería de tránsito relacionadas al flujo vehicular, en donde se analizan sus variables y parámetros para luego aproximarse a las soluciones que resuelvan los problemas generados.

Las variables relacionadas con el flujo vehicular son las siguientes:

2.2.3.1. Volúmenes de Transito Absolutos o Totales

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado. Para nuestro estudio utilizaremos:

Tasa de Flujo o Flujo (q) y Volumen (Q)⁴⁸

La tasa de flujo o flujo, también conocida como intensidad es la cantidad de vehículos que pasa por un punto o sección transversal de una vía en un tiempo menor a una hora, se puede expresar en unidades de (veh/hora) teniendo en cuenta que no representa exactamente el número de vehículos por hora. Por otra parte el volumen si representa una cantidad de vehículos que pasan durante una hora. Se expresa el flujo de la siguiente manera:

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

Donde:

q = Tasa de flujo o flujo (veh/periodo)

N = Número de vehículos que pasan (veh)

T = Tiempo o periodo determinado (unidad de tiempo)

A estas dos variables también las podemos representar como se muestra en la **FIGURA N° 14**:

⁴⁸ TAPIA - BEIZAGA. 2006. “APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE INGENIERÍA DE TRÁFICO”, “TEXTO ALUMNO”. TRABAJO DIRIGIDO, POR ADSCRIPCIÓN, PRESENTADO PARA OPTAR AL DIPLOMA ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN. Cochabamba – Bolivia. Pp. 77.

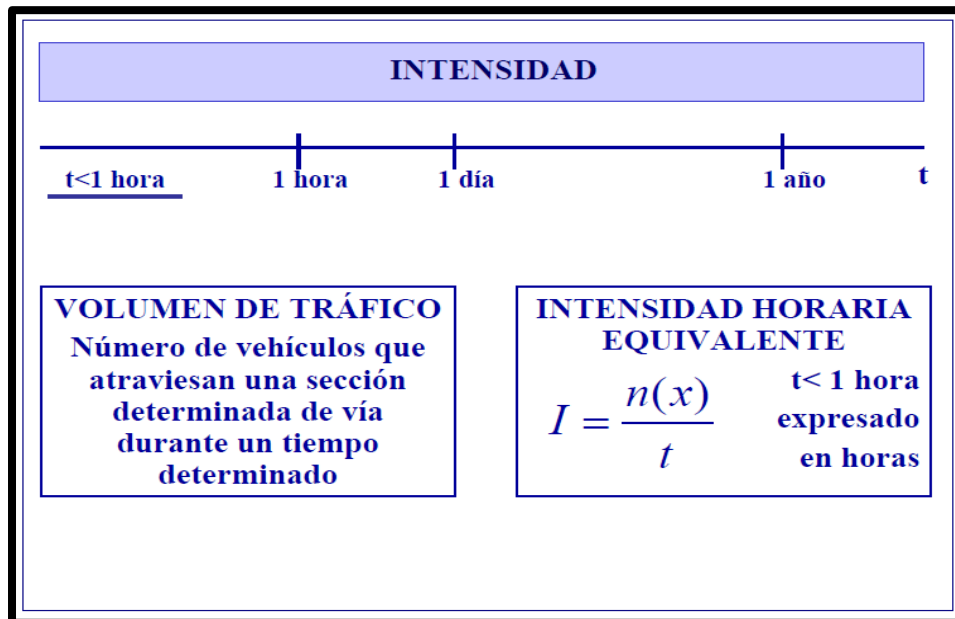


FIGURA N° 14: Tasa de Flujo y Volumen

Fuente: (U C-III M)⁴⁹

El análisis de las tasas de flujo determina lo siguiente:

- Flujos máximos.
- Variaciones del flujo dentro de la hora de máxima demanda.

2.2.3.2. Volúmenes de Tránsito Horarios

Se define con base en la hora seleccionada, dados en vehículos por hora:

Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)⁵⁰

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de una vía durante 60 minutos consecutivos; representa el periodo de máxima demanda que se registra durante un día. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

⁴⁹ UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. INGENIERIA DEL TRÁFICO. PARAMETROS FUNDAMENTALES. TRANSPORTES. Pp. 4.

⁵⁰ "Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 - VCHI". Capítulo 4, pp. 4/2.

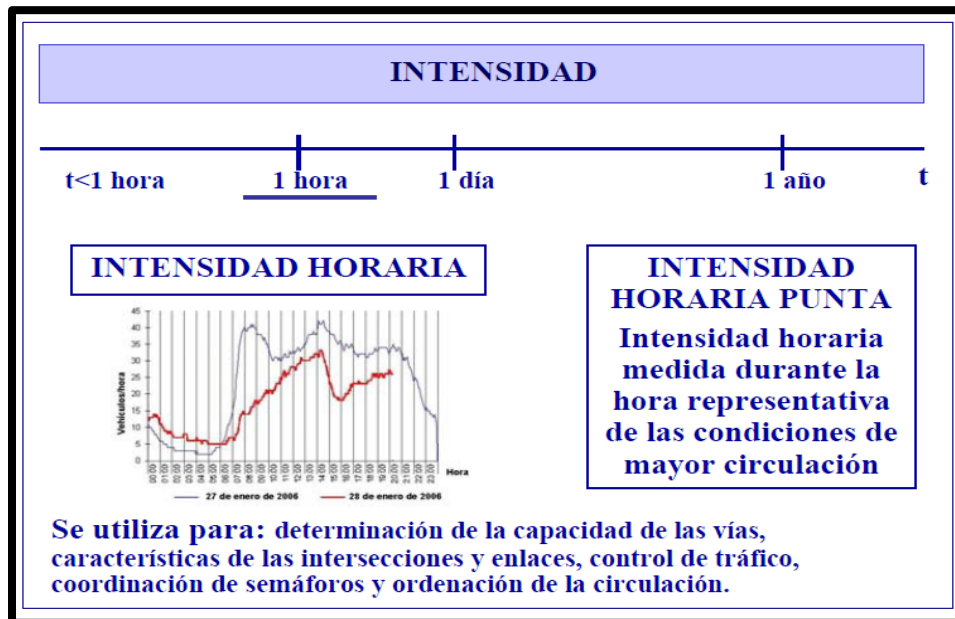


FIGURA N° 15: Tasa de Flujo Horario y Volumen Horario

Fuente: (U C-III M)⁵¹

2.2.3.3. Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda⁵²

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo período máximo. En cualquiera de estos casos, es importante conocer la máximos, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos períodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante durante toda la hora. Esto significa que existen períodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo mucho mayores a las de la hora misma. Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo, $q_{\max}$, que se presenta durante un período dado dentro de dicha hora. Matemáticamente se expresa como:

⁵¹ UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. INGENIERIA DEL TRÁFICO. PARAMETROS FUNDAMENTALES. TRANSPORTES. Pp. 5.

⁵² "Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 - VCHI". Capítulo 4, pp. 4/6, 4/7.

$$\mathbf{FHMD} = \frac{\mathbf{VHMD}}{\mathbf{N(q_{m\acute{a}x})}}$$

Donde:

FHMD = Factor Horario de Máxima Demanda

VHMD = Volumen Horario de Máxima Demanda

N = Número de periodos durante la hora de máxima demanda

$q_{m\acute{a}x}$ = Flujo máximo

Los períodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, utilizándose éste último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$\mathbf{FHMD} = \frac{\mathbf{VHMD}}{\mathbf{4(q_{m\acute{a}x_{15}})}}$$

Para períodos de 10 minutos, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$\mathbf{FHMD} = \frac{\mathbf{VHMD}}{\mathbf{6(q_{m\acute{a}x_{10}})}}$$

Para períodos de 5 minutos, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$\mathbf{FHMD} = \frac{\mathbf{VHMD}}{\mathbf{12(q_{m\acute{a}x_5})}}$$

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en períodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora.

Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en períodos cortos dentro de la hora.

2.2.3.4. Aforos⁵³

Una vez definidas las magnitudes y los fundamentos teóricos del tráfico, se hace indispensable recabar información acerca de las características de la circulación de vehículos en las vías existentes. Para ello se emplean métodos de aforo que serán más o menos precisos dependiendo del grado de exactitud que pretenda obtenerse.

Las características que son objeto de un estudio de aforo son:

- Intensidades de circulación.
- Velocidades y tiempos de recorrido de los vehículos.
- Origen, destino y objeto de los viajes realizados.
- Accidentes de circulación.

Métodos de Aforo:

Para realizar estas mediciones se dispone de diversos métodos, entre los cuales destacan los siguientes:

- a) Aforos manuales: Este tipo de aforos son los más costosos dado que emplean personal calificado para su realización. Su metodología es simple: el observador se coloca en una sección de la vía y realiza un conteo de todos los vehículos que circulan a través de ella, bien por medio de impresos destinados a tal efecto, bien a través de aparatos electrónicos o pulsadores.

La efectividad de este tipo de aforo es mayor que la del resto, ya que permite distinguir entre los diferentes tipos de vehículos que transitan. En algunas situaciones se antoja imprescindible, como es el caso de las intersecciones, donde interesa cuantificar todos los movimientos posibles.

⁵³ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 6, pp. 6/24, 6/26.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES			AFORO DE CARRETERAS				ESTACION			
ESTADO DEL TIEMPO		DIA DE LA SEMANA	☐ FESTIVO ☐ VISPERA ☐ DE FESTIVO	Dia	Mes	Año	AFORO N.º		HOJA N.º /	
DATOS:										
COMPONENTES			DE A	DE A	DE A	DE A	DE A	DE A	DE A	DE A
	CARROS	A								
	BICICLETAS	B								
I MOTOS	MOTOS	1								
II VEHICULOS LIGEROS	COCHES	2								
	CAMIONETAS (4 RUEDAS)	3								
	TRACTORES AGRICOLAS	4								
III VEHICULOS PESADOS	CAMIONES SIN REMOLQUE	5								
	CAMIONES CON REMOLQUE VEHICULOS ESPECIALES	6								
	AUTOBUSES	7								

DATOS TOMADOS POR

FIGURA N° 17: *Impreso del MOPT⁵⁴ para la Realización de Aforos Manuales*
Fuente: (Bañón - Beviá)⁵⁵

⁵⁴ Ministerio de Obras Públicas y Transportes de la República de Costa Rica.

⁵⁵ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 6, pp. 6/25.

El inconveniente que posee es que sólo es recomendable para períodos cortos, no superiores a 24 h. ya que su alto coste hace injustificable periodos de aforo superiores.

- b) Aforos automáticos: Se basan en la utilización de mecanismos automáticos que detectan el paso de vehículos, procediendo a su conteo y posterior almacenamiento.

Los aparatos más empleados en este tipo de aforos son los neumáticos, que constan de un captador formado por un tubo de goma colocado transversalmente sobre la calzada, y un detector compuesto por una membrana formada por dos láminas metálicas que entran en contacto cada vez que un vehículo pisa el captador.

Otro tipo de sistemas empleados –aunque en menor medida- son los detectores de lazo o bucle, basados en la inducción electromagnética e incluso detectores basados en ondas de choque o en el láser.

- c) Aforos móviles: En determinadas ocasiones puede interesar la determinación de aforos en un tramo determinado, para lo que se recurre al conteo de vehículos desde otro automóvil en movimiento e integrado en la corriente de tráfico.

La intensidad horaria empleando este peculiar método viene determinada por la siguiente expresión:

$$I = \frac{C + A - a}{T}$$

Donde:

C es el número de vehículos con los que se cruza el aforador

A es el número de vehículos que nos adelantan

a es el número de vehículos adelantados

T es el tiempo de control

Para no desvirtuar la medición efectuada, interesa que el valor de T no sea excesivamente alto, ya que significaría que la intensidad obtenida no corresponde a una sección determinada, sino más bien a un tramo de carretera.

- d) Aforos fotográficos: Se basan en el control aéreo de la circulación, aprovechando los medios de los que se dispone para la vigilancia del tráfico.

Aun así, este método es caro y poco usual, aunque puede ofrecer información interesante acerca de las densidades, velocidades e incluso intensidades de tráfico.

Para el estudio de los aforos se utilizará el siguiente formato:

HORA	FLUJO CADA 5 MINUTOS	FLUJO CADA 10 MINUTOS	FLUJO CADA 15 MINUTOS
12:00 – 12:05			
12:05 – 12:10			
12:10 – 12:15			
12:15 – 12:20			
12:20 – 12:25			
12:25 – 12:30			
12:30 – 12:35			
12:35 – 12:40			
12:40 – 12:45			
12:45 – 12:50			
12:50 – 12:55			
12:55 – 13:00			
13:00 – 13:05			
13:05 – 13:10			
13:10 – 13:15			
13:15 – 13:20			
13:20 – 13:25			
13:25 – 13:30			
13:30 – 13:35			
13:35 – 13:40			
13:40 – 13:45			
13:45 – 13:50			
13:50 – 13:55			
13:55 – 14:00			

TABLA N° 04: *Tabla de Registro de Aforo Vehicular Mixto*
Elaboración Propia

En la **TABLA N° 04** se observa que las horas tomadas para el conteo de vehículos van desde las 12:00 m. hasta las 14:00 horas, se tomó este intervalo de tiempo por tratarse de horas punta en donde existen mayores conflictos vehiculares.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, el crecimiento urbano acelerado y no planificado de la ciudad de Tarapoto trajo consigo un incremento considerable en el parque automotor constituido principalmente por trimóviles y motos lineales. Hoy en día los usuarios de las vías prefieren la independencia vehicular, optando por adquirir una movilidad propia que en el mayor de los casos son las motos lineales, dando lugar a que cada vez sea menor la cantidad de pasajeros de transporte público y el número de trimóviles sea excesivo cada vez más. Este incremento es notorio al momento de transitar por las diferentes arterias de la ciudad de Tarapoto, especialmente en las horas denominadas “*punta*” en la que los ciudadanos concurren a sus centros de labores o de estudios. Es en estas horas en que ocurre un congestionamiento vehicular incontrolable sobre todo en intersecciones altamente transitables aun así contando con los dispositivos de control de tránsito respectivos.

3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El análisis del problema descrito se llevará a cabo mediante la identificación del problema general, del cual a su vez se desprenden los problemas específicos.

3.2.1. Problema General

- ¿Cómo se encuentra la organización de las intersecciones urbanas en la ciudad de Tarapoto en el año 2015?

3.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo es el funcionamiento de las intersecciones urbanas en la ciudad de Tarapoto?
- ¿Cuál es el estado de la capacidad de las intersecciones urbanas en la ciudad de Tarapoto?
- ¿Qué tipo de intersecciones urbanas existen en la ciudad de Tarapoto?

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Estudiar el estado de la organización de las intersecciones urbanas en la ciudad de Tarapoto en el año 2015.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el funcionamiento de las intersecciones urbanas en la ciudad de Tarapoto.
- Analizar el estado de la capacidad de las intersecciones urbanas en la ciudad de Tarapoto.
- Analizar la tipología de intersecciones urbanas que existen en la ciudad de Tarapoto.

5. HIPÓTESIS

El planteamiento de la utilización de elementos separadores de flujo vehicular o mini rotondas, para la organización de las intersecciones urbanas en la ciudad de Tarapoto, presenta resultados eficientes y seguros para los usuarios.

6. VARIABLES

6.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

- Capacidad.

6.2. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

Capacidad: En las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de vías y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, es su capacidad u oferta.

A parte del estudio de la capacidad de las vías y calles, el propósito que también generalmente se sigue es el de determinar la calidad del servicio que presta cierto tramo o componente vial.

Teóricamente la capacidad ($q_{\text{máx}}$) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una vía o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable.

La infraestructura vial, sea ésta una vía o calle, puede ser de circulación continua o discontinua. Los sistemas viales de circulación continúa no tienen elementos fijos externos al flujo de tránsito, tales como los semáforos, que produzcan interrupciones en el mismo. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito, tales como los semáforos, las señales de alto y otros tipos de regulación.

Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad. (MDGUV, 2005)⁵⁶

⁵⁶ “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 - VCHI”. Capítulo 4, pp. 4/21.

6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Dimensiones	Índices
Capacidad	Intensidad	Veh/h
	Volumen	Veh/h

TABLA N° 05: *Operacionalización de las Variables*

7. METODOLOGÍA

7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es: Estudio Descriptivo, porque describe los sucesos y eventos que ocurren en la organización de las intersecciones urbanas en la ciudad de Tarapoto en el año 2015.

7.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación tiene como diseño general el No Experimental, del tipo Transseccional Descriptivo, cuyo esquema es:

M O

Donde:

M: Muestra con quien o en quien se va a realizar el estudio.

O: Observación de la variable. Información relevante o de interés de la muestra.

7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

7.3.1. Población

La población está dada por las intersecciones conformadas por elementos canalizadores de tránsito (rotondas) en la ciudad de Tarapoto.

7.3.2. Muestra

La muestra está dada por un grupo de intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Tarapoto donde existen altos índices de congestión vehicular, en donde se propone la implementación de mini rotondas, estas intersecciones son:

- Cruce de la Av. Circunvalación con el Jr. Ángel Delgado Morey y el Jr. Leoncio Prado.
- Cruce del Jr. Limatambo con el Jr. Tahuantinsuyo.
- Cruce de la Vía de Evitamiento con el Jr. José Olaya.

7.4. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

7.4.1. Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas que se emplearon en la recolección de datos fueron: observación directa y registro de sucesos.

7.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos que se utilizaron en la recolección de datos fueron:

- Guía de observación.
- Guía de registro de datos.

7.4.3. Procedimiento de Recolección de Datos

Se procedió a realizar la recolección de datos siguiendo los siguientes pasos:

- Elaboración del instrumento de recolección de datos.
- Se someterá a prueba de validez y confiabilidad del instrumento de recolección de datos.
- Aplicación o recojo de la información.
- Procesamiento de la información.
- Análisis e interpretación de la información.
- Elaboración del informe del Trabajo de Investigación Asistida.
- Presentación y sustentación del Trabajo de Investigación Asistida.

7.5. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

7.5.1. Procesamiento

El procesamiento de los datos se realizó en forma manual sobre la base de los datos.

7.5.2. Análisis de los Datos

El análisis e interpretación de los datos se realizó empleando la estadística descriptiva: Frecuencia, Promedio y Porcentaje.

8. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la recolección, análisis y procesamiento de los datos de la investigación.

8.1. AFOROS

Para el registro de las características de la circulación de los vehículos en las intersecciones de estudio se utilizó el método de aforo manual, el cual consistió en observar y realizar un conteo de todos los vehículos que circulan en una determinada sección de las vías secundarias, para finalmente hacer la anotación en una tabla de registro de aforo vehicular mixto. Estos conteos se realizaron en periodos de 5, 10 y 15 minutos durante dos horas, las cuales son las horas de máxima demanda.

Se obtuvieron los siguientes registros:

Cruce de la Av. Circunvalación con el Jr. Ángel Delgado Morey y el Jr. Leoncio Prado

Para esta intersección se obtuvo el siguiente registro:

HORA	FLUJO CADA 5 MINUTOS	FLUJO CADA 10 MINUTOS	FLUJO CADA 15 MINUTOS
12:00 – 12:05	25	63	93
12:05 – 12:10	38		
12:10 – 12:15	30	51	72
12:15 – 12:20	21		
12:20 – 12:25	32	51	72
12:25 – 12:30	19		
12:30 – 12:35	24	56	79
12:35 – 12:40	32		
12:40 – 12:45	23	41	73
12:45 – 12:50	18		
12:50 – 12:55	22	55	73
12:55 – 13:00	33		
13:00 – 13:05	27	58	97
13:05 – 13:10	31		
13:10 – 13:15	39	68	115
13:15 – 13:20	29		
13:20 – 13:25	41	86	115
13:25 – 13:30	45		
13:30 – 13:35	34	63	81
13:35 – 13:40	29		
13:40 – 13:45	18	39	59
13:45 – 13:50	21		
13:50 – 13:55	15	38	59
13:55 – 14:00	23		

TABLA N° 06: *Tabla de Registro de Aforo Vehicular Mixto*
Elaboración Propia

Cruce del Jr. Limatambo con el Jr. Tahuantinsuyo

Para esta intersección se obtuvo el siguiente registro:

HORA	FLUJO CADA 5 MINUTOS	FLUJO CADA 10 MINUTOS	FLUJO CADA 15 MINUTOS
12:00 – 12:05	31	59	80
12:05 – 12:10	28		
12:10 – 12:15	21	46	87
12:15 – 12:20	25		
12:20 – 12:25	39	62	113
12:25 – 12:30	23		
12:30 – 12:35	35	76	59
12:35 – 12:40	41		
12:40 – 12:45	37	63	59
12:45 – 12:50	26		
12:50 – 12:55	18	33	65
12:55 – 13:00	15		
13:00 – 13:05	23	41	98
13:05 – 13:10	18		
13:10 – 13:15	24	57	57
13:15 – 13:20	33		
13:20 – 13:25	27	65	50
13:25 – 13:30	38		
13:30 – 13:35	25	42	50
13:35 – 13:40	17		
13:40 – 13:45	15	34	50
13:45 – 13:50	19		
13:50 – 13:55	15	31	50
13:55 – 14:00	16		

TABLA N° 07: Tabla de Registro de Aforo Vehicular Mixto
Elaboración Propia

Cruce de la Vía de Evitamiento con el Jr. José Olaya

Para esta intersección se obtuvo el siguiente registro:

HORA	FLUJO CADA 5 MINUTOS	FLUJO CADA 10 MINUTOS	FLUJO CADA 15 MINUTOS
12:00 – 12:05	42	79	124
12:05 – 12:10	37		
12:10 – 12:15	45	85	120
12:15 – 12:20	40		
12:20 – 12:25	38	80	111
12:25 – 12:30	42		
12:30 – 12:35	39	69	132
12:35 – 12:40	30		
12:40 – 12:45	42	80	128
12:45 – 12:50	38		
12:50 – 12:55	48	94	135
12:55 – 13:00	46		
13:00 – 13:05	42	79	110
13:05 – 13:10	37		
13:10 – 13:15	49	100	89
13:15 – 13:20	51		
13:20 – 13:25	49	84	56
13:25 – 13:30	35		
13:30 – 13:35	41	79	27
13:35 – 13:40	38		
13:40 – 13:45	31	64	29
13:45 – 13:50	33		
13:50 – 13:55	27	56	
13:55 – 14:00	29		

TABLA N° 08: Tabla de Registro de Aforo Vehicular Mixto
Elaboración Propia

8.2. VOLUMEN HORARIO DE MAXIMA DEMANDA (VHMD)

Para la determinación del VHMD se tendrá en cuenta el periodo de una hora en el cual se registre la máxima cantidad de vehículos que pasen por una determinada sección de las vías secundarias en estudio.

Para los registros de aforo de las intersecciones en estudio se tienen los siguientes VHMD:

Cruce de la Av. Circunvalación con el Jr. Ángel Delgado Morey y el Jr. Leoncio Prado

El volumen horario de máxima demanda ocurrirá de 12:45 a 1:45 p. m.:

$$\text{VHMD} = 73 + 97 + 115 + 81 = 366 \text{ veh. mixtos/h}$$

Cruce del Jr. Limatambo con el Jr. Tahuantinsuyo

El volumen horario de máxima demanda ocurrirá de 12:00 a 1:00 p. m.:

$$\text{VHMD} = 80 + 87 + 113 + 59 = 339 \text{ veh. mixtos/h}$$

Cruce de la Vía de Evitamiento con el Jr. José Olaya

El volumen horario de máxima demanda ocurrirá de 12:30 a 1:30 p. m.:

$$\text{VHMD} = 111 + 132 + 128 + 135 = 506 \text{ veh. mixtos/h}$$

8.3. FACTOR DE LA HORA DE MAXIMA DEMANDA (FHMD)

El cálculo de estos factores está dado de la siguiente manera para cada una de las intersecciones en estudio:

Cruce de la Av. Circunvalación con el Jr. Ángel Delgado Morey y el Jr. Leoncio Prado

Para periodos de 5 minutos:

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(q_{m\acute{a}x_5})} = \frac{366}{12 * 45} = 0.68$$

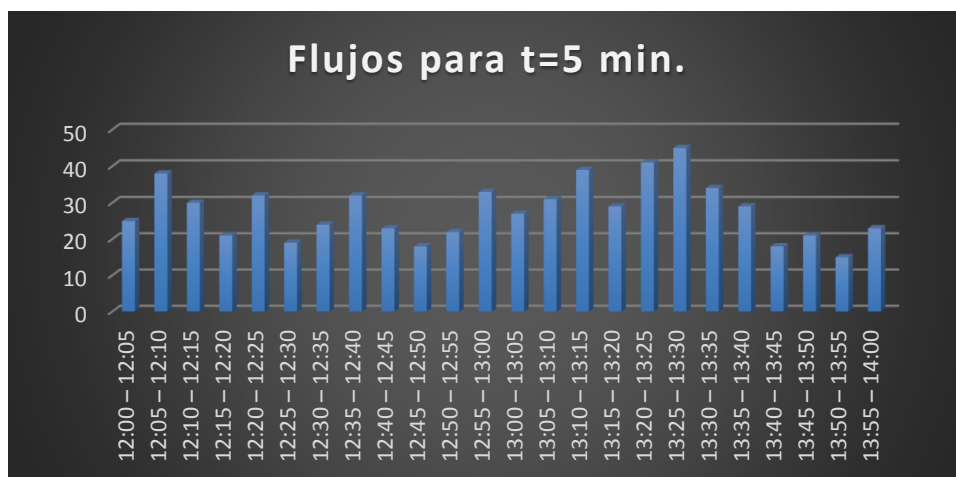


GRAFICO N° 01: Flujos para Periodos de 5 Minutos
Elaboración Propia

Para periodos de 10 minutos:

$$FHMD = \frac{VHMD}{6(q_{m\acute{a}x_{10}})} = \frac{366}{6 * 86} = 0.71$$

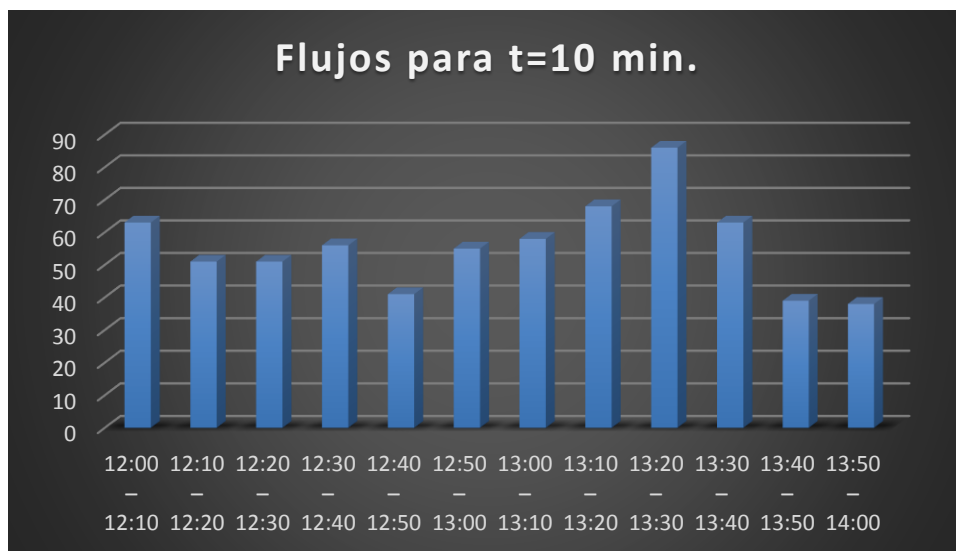


GRAFICO N° 02: Flujos para Periodos de 10 Minutos
Elaboración Propia

Para periodos de 15 minutos:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{m\acute{a}x_{15}})} = \frac{366}{4 * 115} = 0.80$$

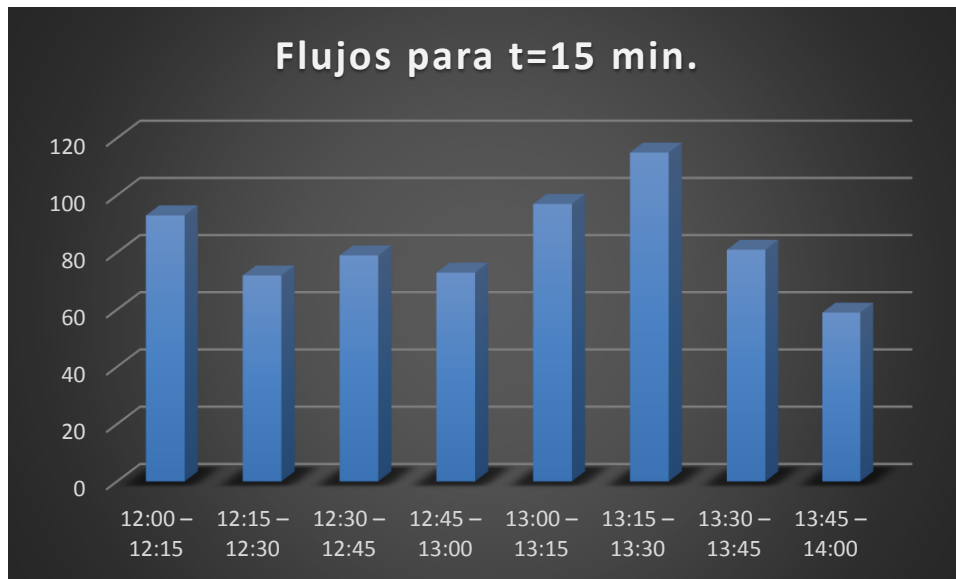


GRAFICO N° 03: Flujos para Periodos de 15 Minutos
Elaboración Propia

Cruce del Jr. Limatambo con el Jr. Tahuantinsuyo

Para periodos de 5 minutos:

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(q_{m\acute{a}x_5})} = \frac{339}{12 * 41} = 0.69$$



GRAFICO N° 04: Flujos para Periodos de 5 Minutos
Elaboración Propia

Para periodos de 10 minutos:

$$FHMD = \frac{VHMD}{6(q_{m\acute{a}x_{10}})} = \frac{339}{6 * 76} = 0.74$$

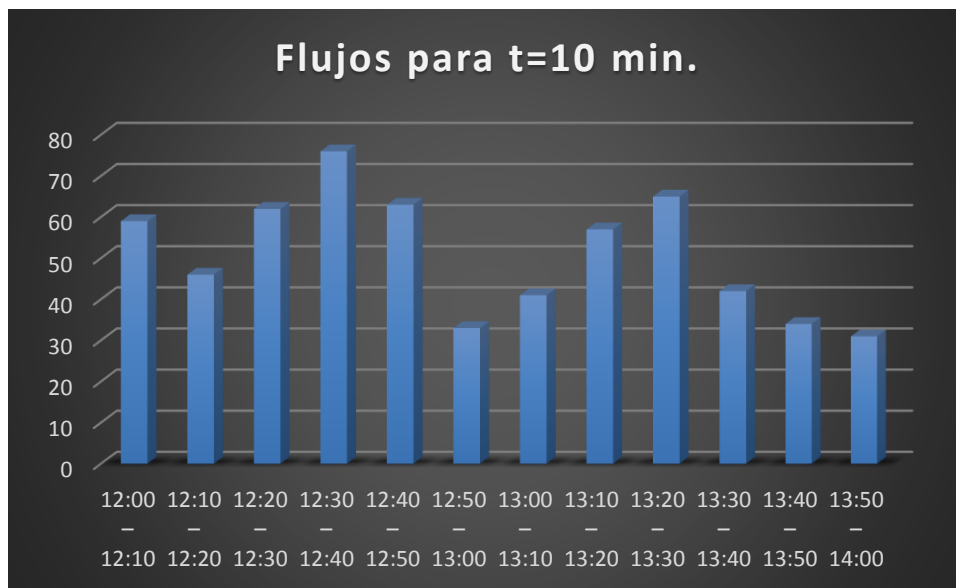


GRAFICO N° 05: Flujos para Periodos de 10 Minutos
Elaboración Propia

Para periodos de 15 minutos:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{m\acute{a}x_{15}})} = \frac{339}{4 * 113} = 0.75$$

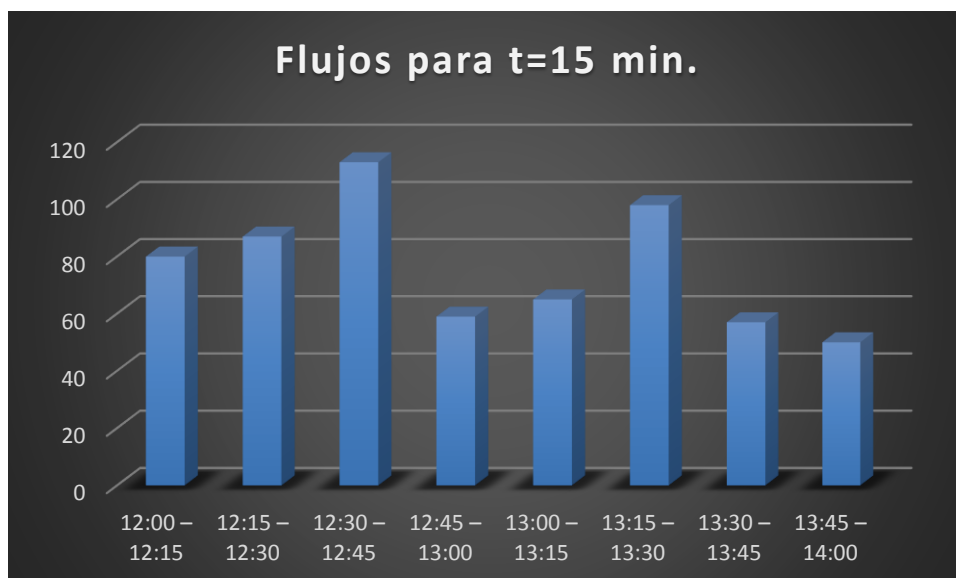


GRAFICO N° 06: Flujos para Periodos de 15 Minutos
Elaboración Propia

Cruce de la Vía de Evitamiento con el Jr. José Olaya

Para periodos de 5 minutos:

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(q_{m\acute{a}x_5})} = \frac{506}{12 * 51} = 0.83$$



GRAFICO N° 07: Flujos para Periodos de 5 Minutos

Elaboración Propia

Para periodos de 10 minutos:

$$FHMD = \frac{VHMD}{6(q_{m\acute{a}x_{10}})} = \frac{506}{6 * 100} = 0.84$$

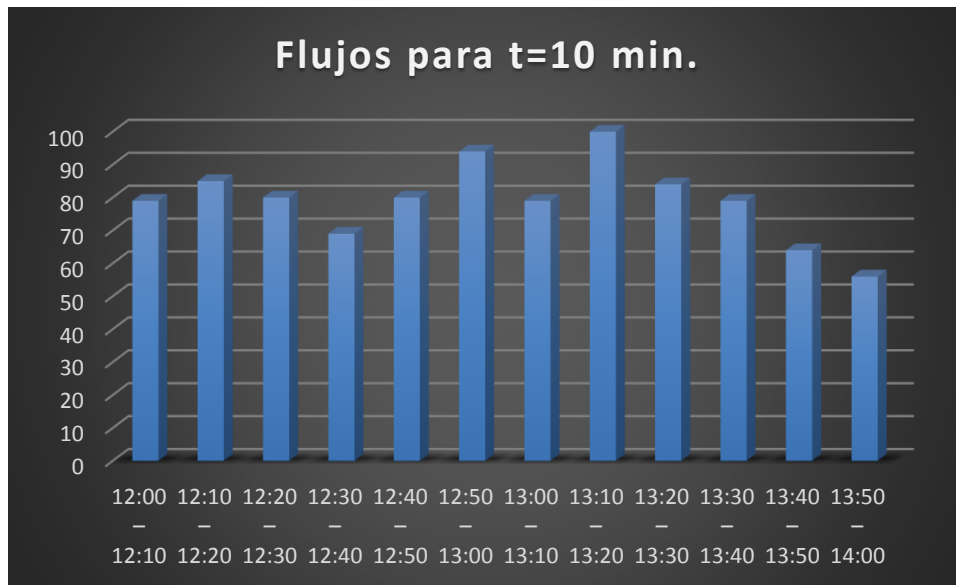


GRAFICO N° 08: Flujos para Periodos de 10 Minutos

Elaboración Propia

Para periodos de 15 minutos:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{m\acute{a}x_{15}})} = \frac{506}{4 * 135} = 0.94$$

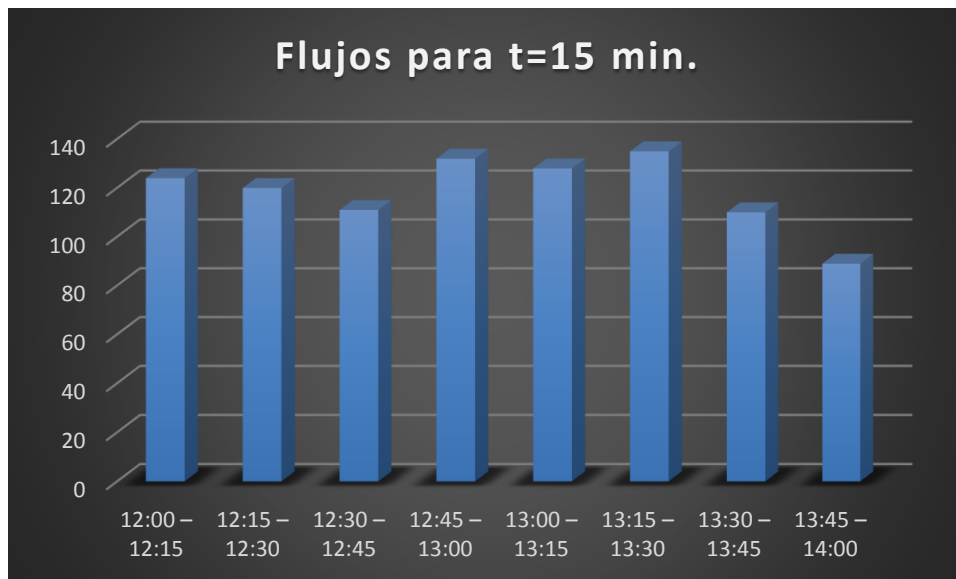


GRAFICO N° 09: Flujos para Periodos de 15 Minutos
Elaboración Propia

9. DISCUSIÓN

La organización de las intersecciones urbanas no semaforizadas en la ciudad de Tarapoto se encuentra en estado de congestionamiento vehicular, esto es verificable en los horarios de mayor circulación de vehículos (de 12 m. a las 14:00 horas), periodo tomado para realizar los aforos manuales. De los resultados obtenidos, se puede afirmar que es en el cruce de la Vía de Evitamiento con el Jr. José Olaya en donde se genera el mayor Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD) en el acceso de la vía secundaria hacia la vía principal con un total de $506 \text{ veh. mixtos/h}$; en segundo lugar está el cruce de la Av. Circunvalación con el Jr. Ángel Delgado Morey y el Jr. Leoncio Prado con un total de $366 \text{ veh. mixtos/h}$; en último lugar está el cruce del Jr. Limatambo con el Jr. Tahuantinsuyo con un total de $339 \text{ veh. mixtos/h}$. Estos datos indican que, para el periodo de dos horas mencionado, la mayor cantidad de vehículos mixtos que pasan de una vía secundaria a una vía principal, lo hacen en el transcurso de una hora, los cuales son: de 12:45 a 1:45 p. m., de 12:00 a 1:00 p. m. y de 12:30 a 1:30 p. m. respectivamente para cada intersección.

Los resultados obtenidos en el cálculo del Factor Horario de Máxima Demanda, indican que, para el valor más alejado a la unidad encontrado, para periodos de 5 minutos $FHMD_5 = 0.68$, en el cruce de la Av. Circunvalación con el Jr. Ángel Delgado Morey y el Jr. Leoncio Prado, el flujo máximo para este periodo corto dentro de la hora de máxima demanda se encuentra en estado de concentración o de congestionamiento, por lo cual existen mayores conflictos entre conductores y peatones y la capacidad se reduce. Para el valor más cercano a la unidad encontrado, para periodos de 15 minutos $FHMD_{15} = 0.94$, en el cruce de la Vía de Evitamiento con el Jirón José Olaya, el flujo máximo para este periodo dentro de la hora de máxima demanda se mantiene uniforme, es decir el transito es continuo, la capacidad es óptima y los conflictos son mínimos.

Los valores más alejados a la unidad obtenidos en los periodos cortos dentro de la hora de máxima demanda, los cuales son: $FHMD_5 = 0.68$, $FHMD_5 = 0.69$ y $FHMD_5 = 0.83$, para las tres intersecciones estudiadas, implican la necesidad de implementar elementos separadores de flujo vehicular o mini rotondas, así como también elementos canalizadores y elementos reguladores.

Los estudios realizados y los datos obtenidos se limitan sólo a darnos a conocer Volúmenes, Flujos Máximos, Indicadores y estado de la Capacidad de las intersecciones. No se hicieron los conteos de los vehículos seleccionándolos por tipo, tampoco se hicieron registros de la cantidad de giros

hacia derecha o izquierda de cada vehículo, así como también no se hizo un registro promedio del tiempo de espera tanto de vehículos como de peatones.

Con los datos obtenidos y analizados en los párrafos precedentes, se da el apoyo a la hipótesis planteada, donde se manifiesta que el la utilización de elementos separadores de flujo vehicular, para la organización de las intersecciones urbanas en la ciudad de Tarapoto, presenta resultados eficientes y seguros para los usuarios; ya que con la ayuda de estos elementos, el tráfico vehicular en los periodos de conflicto se vería disminuido considerablemente.

De lo afirmado por Luis Fernando Díaz Vargas en su Tesis “Análisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a nuevo Terrapuerto de Piura”, en donde concluye lo siguiente: *“La glorieta (en especial la multi-carril) es una de las infraestructuras más seguras y eficientes, que permite canalizar el flujo vehicular de manera más ordenada, permitiendo minorizar las demoras que se producen en una intersección, a comparación de una intersección común”*, se concuerda con lo expresado por el autor, en el sentido en que las glorietas o rotondas en general son elementos seguros y eficientes de canalización de tráfico vehicular, las mini rotondas ofrecen lo descrito a un bajo costo y se adaptan a la mayoría de intersecciones de una ciudad.

Witman Esquivel Fernández, en su Tesis “Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas”, concluye: *“Las intersecciones tipo rotonda y mini rotonda organizan el tráfico en una intersección siempre y cuando se justifique su uso, correcto dimensionamiento y señalización”*, se apoya lo afirmado por el autor, ya que es necesaria la justificación del uso de las rotondas o mini rotondas, con el debido estudio y sus procedimientos que van de la mano, como los realizados en el presente Trabajo de Investigación.

Los estudios realizados y los datos obtenidos en el presente Trabajo de Investigación ayudarán al desarrollo de una correcta organización de las intersecciones urbanas no semaforizadas, debiéndose desarrollar también las partes que quedaron fuera del presente Trabajo de Investigación como los descritos del cuarto párrafo de esta sección.

10. CONCLUSIONES

- Los vehículos trimóviles y lineales son los que gobiernan el tráfico vehicular en las calles de la ciudad de Tarapoto.
- Las intersecciones estudiadas carecen de buena señalización y de canalizadores de tráfico.
- De las tres intersecciones analizadas se determinó que existe una mayor congestión vehicular en la intersección de la Vía de Evitamiento con el Jirón José Olaya, por lo cual es necesaria la implementación de algún tipo de regulador de tráfico.
- Para las tres intersecciones estudiadas se puede verificar la necesidad de la implementación de las mini rotondas debido a que no cuentan con ningún tipo de regulador de tráfico.
- La instalación de las mini rotondas brindan un flujo de tránsito continuo, ordenado y seguro, brindando al conductor facilidad de maniobra.
- Las mini rotondas en zonas inter urbanas son recomendables siempre y cuando se haga una correcta señalización y alumbrado de estas, además de diseñarse con capacidad suficiente.
- La instalación de las mini rotondas no generan un mayor gasto en comparación con la instalación de semáforos u otros dispositivos reguladores de tráfico.

11. RECOMENDACIONES

- Se sugiere cumplir con los factores de diseño geométrico de las mini rotondas indicados en los anexos, tales como diámetro, altura (si esta fuese sólida) y ángulo de borde.
- Se recomienda brindar una correcta iluminación a aquellas intersecciones que la requieran, así como también a las intersecciones donde se implementasen las mini rotondas, para que el funcionamiento de estas y la interacción entre peatones y conductores sea la misma tanto de día como de noche.
- Se deberá procurar seguir las indicaciones dadas para el correcto uso de las señales “Pare” y “Ceda el Paso”, para evitar el uso excesivo de estas dos señales.
- Para las mini rotondas que se hagan sólo con demarcaciones, se recomienda seguir lo establecido en la Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales.
- La menor cantidad de mantenimiento que requieran las mini rotondas y su entorno señalizado, dependerá de la correcta aplicación de todas las normas y especificaciones establecidas.
- Para ciudades pequeñas como Tarapoto, el uso excesivo de semáforos incrementa el tiempo de espera para los conductores, se deben tomar otras medidas como las expuestas en este Trabajo de Investigación.
- Aparte de lo indicado en el presente Trabajo de Investigación en lo referente a señalización, también deberá considerarse las señales que regulan los límites de velocidad para las diferentes zonas de la ciudad.

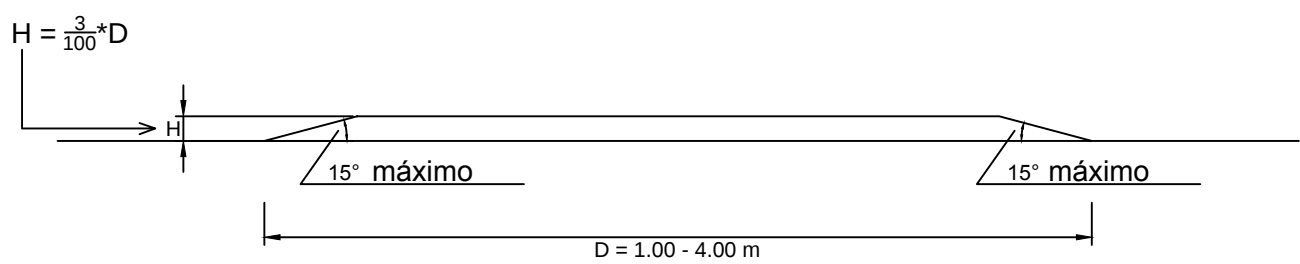
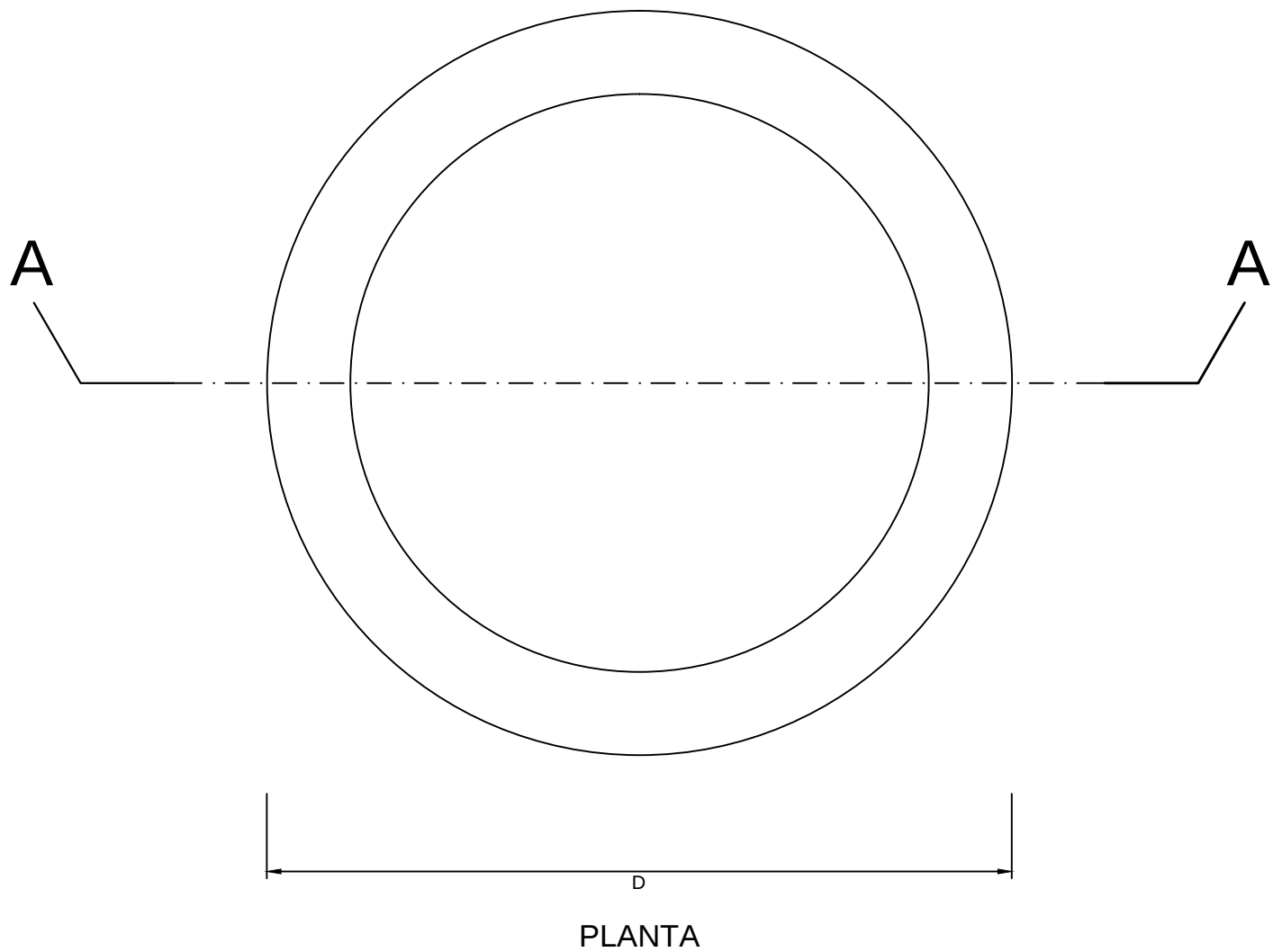
12. BIBLIOGRAFÍA

- DIAZ V., L. F. 2009. "Análisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a nuevo Terrapuerto de Piura". Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil. UDEP, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil. Piura – Perú.
- ESQUIVEL F., W. 2011. "Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas". Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil. PUCP, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima – Perú.
- JIMENEZ O., A. L. 2011. "Gestión Técnica del Tráfico". Tema 9, 50 p.
- McSHANE - PRASSAS - ROESS. "Traffic Engineering". 3^{ra} ed. New Jersey: Pearson Education, Inc., 2004. 800 p.
- BAÑON - BEVIA. "Manual de Carreteras". Trabajo de Fin de Carrera. Universidad de Alicante, Escuela Politécnica Superior, Ingeniería Técnica de Obras Públicas, Especialidad Construcciones Civiles. Vol. 1.
- M. T. C., MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS. 566 p.
- GALARRA – HERZ - ALBRIEU. "Capacidad y Nivel de Servicio en Calles Urbanas". Maestría en Ciencias de la Ingeniería con Mención en Transporte de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.
- MOZOTA A., A. 2011. "Gestión Técnica del Tráfico". Tema 10, 29 p.
- CONASET 2010. Medidas de Tráfico Calmado - Guía Práctica. Guía de criterios para la aplicación, ubicación, diseño y señalización de medidas para el tráfico calmado.
- BULL A. 2003. CEPAL - Naciones Unidas. Congestión de Transito, El Problema y Cómo Enfrentarlo.
- TAPIA - BEIZAGA. 2006. "Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Ingeniería de Tráfico", "Texto Alumno". Trabajo Dirigido, por Adscripción, Presentado para Optar al Diploma Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba - Bolivia.
- UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Ingeniería del Tráfico. Parámetros Fundamentales. Transportes.
- "MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS. 2005. VCHI".

13. ANEXOS

- **Anexo A. 01:** Lámina D-01, Detalle de Isla Central.
- **Anexo A. 02:** Lámina DI-01, Diseño de Isla Demarcada.
- **Anexo A. 03:** Lámina DI-02, Diseño de Islas con Elementos Complementarios.
- **Anexo A. 04:** Lámina DI-03, Diseño de Islas con Elementos Complementarios.
- **Anexo A. 05:** Señal de Prevención P – 48, Cruce de Peatones, detalles.
- **Anexo A. 06:** Señal de Prevención P – 48, Cruce de Peatones, dimensiones.
- **Anexo A. 07:** Señal de Prevención P – 15, Intersección Rotatoria, detalles.
- **Anexo A. 08:** Señal de Prevención P – 15, Intersección Rotatoria, dimensiones.
- **Anexo A. 09:** Señal Reguladora R – 1, Pare, detalles.
- **Anexo A. 10:** Señal Reguladora R – 1, Pare, dimensiones.
- **Anexo A. 11:** Señal Reguladora R – 2, Ceda el Paso, detalles.
- **Anexo A. 12:** Señal Reguladora R – 2, Ceda el Paso, dimensiones.
- **Anexo A. 13:** Lámina U-01, Ubicación de Intersección Giratoria Existente N° 01.
- **Anexo A. 14:** Lámina U-02, Ubicación de Intersección Giratoria Existente N° 02.
- **Anexo A. 15:** Lámina U-03, Ubicación de Intersección Giratoria Existente N° 03.
- **Anexo A. 16:** Propuesta 1.
- **Anexo A. 17:** Propuesta 2.
- **Anexo A. 18:** Propuesta 3.

Anexo A. 01

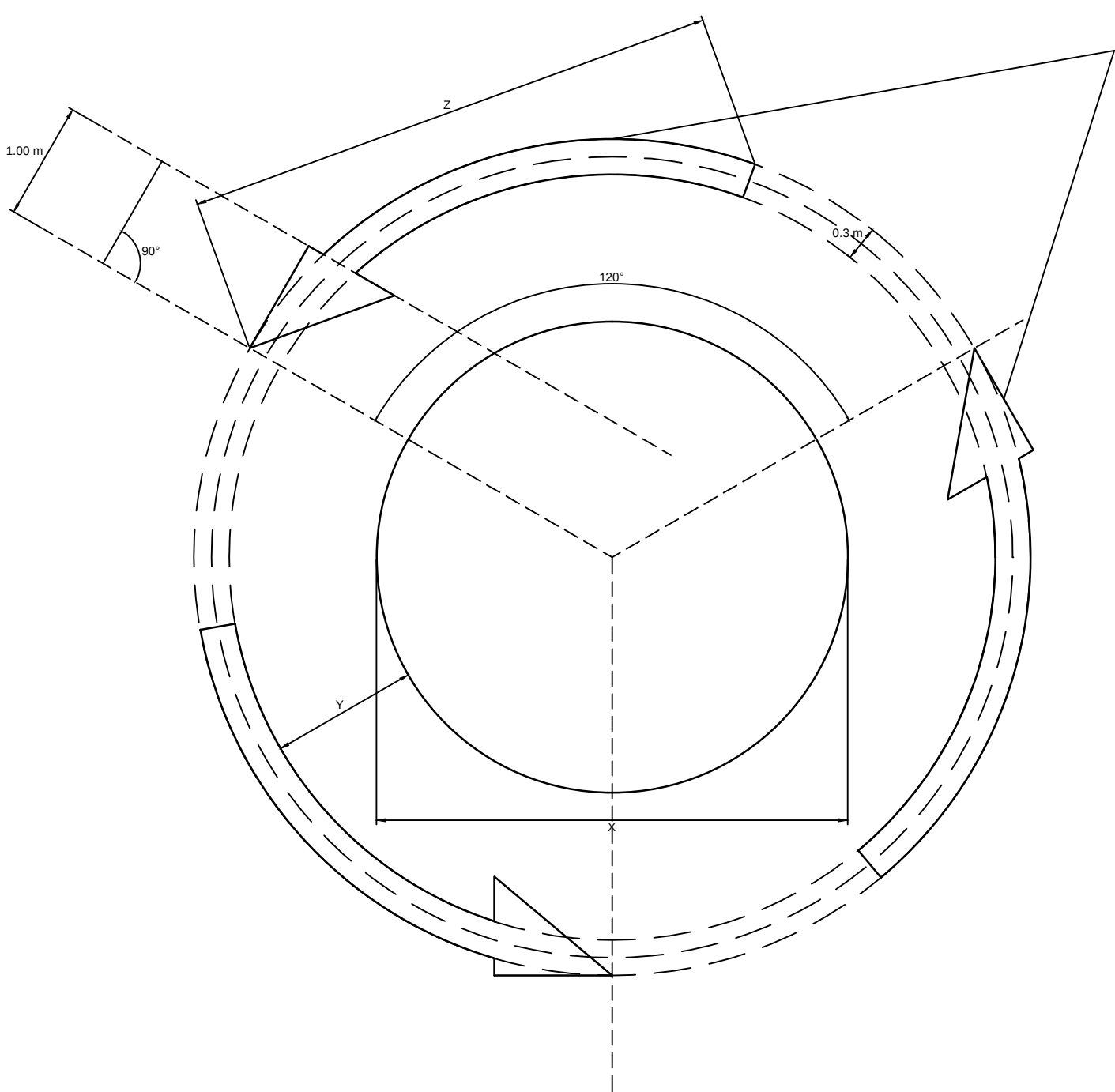


CORTE A-A

SIMBOLOGIA
D = diámetro
H = altura (3% de D)

UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO: "ORGANIZACION DE LAS INTERSECCIONES URBANAS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, 2015" PLANTEAMIENTO DE IMPLEMENTACION DE MINI ROTONDAS			
PLANO: DETALLE DE ISLA CENTRAL			
UBICACION: DISTRITO: TARAPOTO – PROVINCIA: SAN MARTIN REGION SAN MARTIN			
RESPONSABLES: Bach. VASQUEZ CRUZ, Víctor Andrés Bach. JIMENEZ MONTEZA, Dany Omar			Lámina : D-01
Dibujo Cad: VICTOR V. DANY J.	Escala: S/E	Fecha: ABRIL 2015	

Anexo A. 02



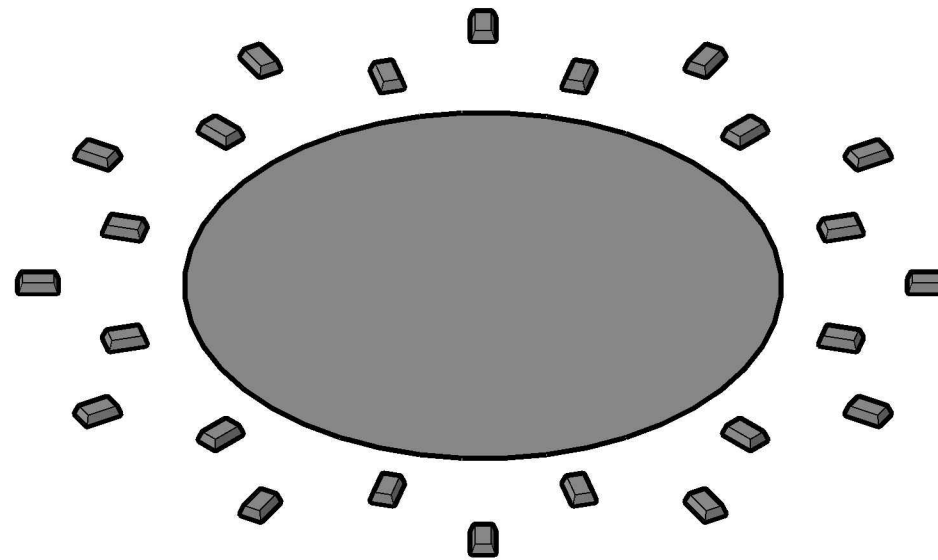
FLECHAS DE DIRECCION

ESPECIFICACIONES

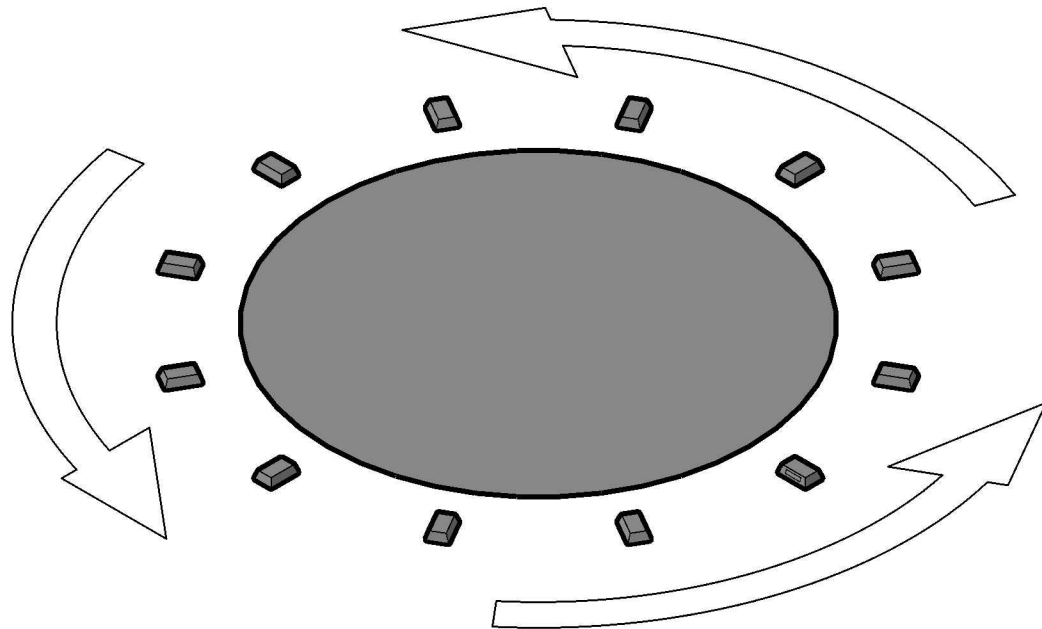
- X = Diámetro no menor de 1.00 m ni mayor de 4.00 m
- Y = Distancia del borde interior de la flecha al borde de la isla:
 $1.25\text{ m} \leq Y \leq 3.00\text{ m}$; en general, "Y" es aproximadamente igual a "X"
- Z = Dimension del largo de flecha:
a) $Z = 3.00\text{ m}$ si $X \leq 2.50\text{ m}$
b) $Z = 4.50\text{ m}$ si $2.50\text{ m} \leq X \leq 4.00\text{ m}$

UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TITULO: "ORGANIZACION DE LAS INTERSECCIONES URBANAS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, 2015" PLANTEAMIENTO DE IMPLEMENTACION DE MINI ROTONDAS				
PLANO: DISEÑO DE ISLA CENTRAL DEMARCADA				
UBICACION: DISTRITO: TARAPOTO – PROVINCIA: SAN MARTIN REGION SAN MARTIN				
RESPONSABLES: Bach. VASQUEZ CRUZ, Víctor Andrés Bach. JIMENEZ MONTEZA, Dany Omar			Lámina : DI-01	
Dibujo Cad: VICTOR V. DANY J.	Escala: S/E	Fecha: ABRIL 2015		

Anexo A. 03



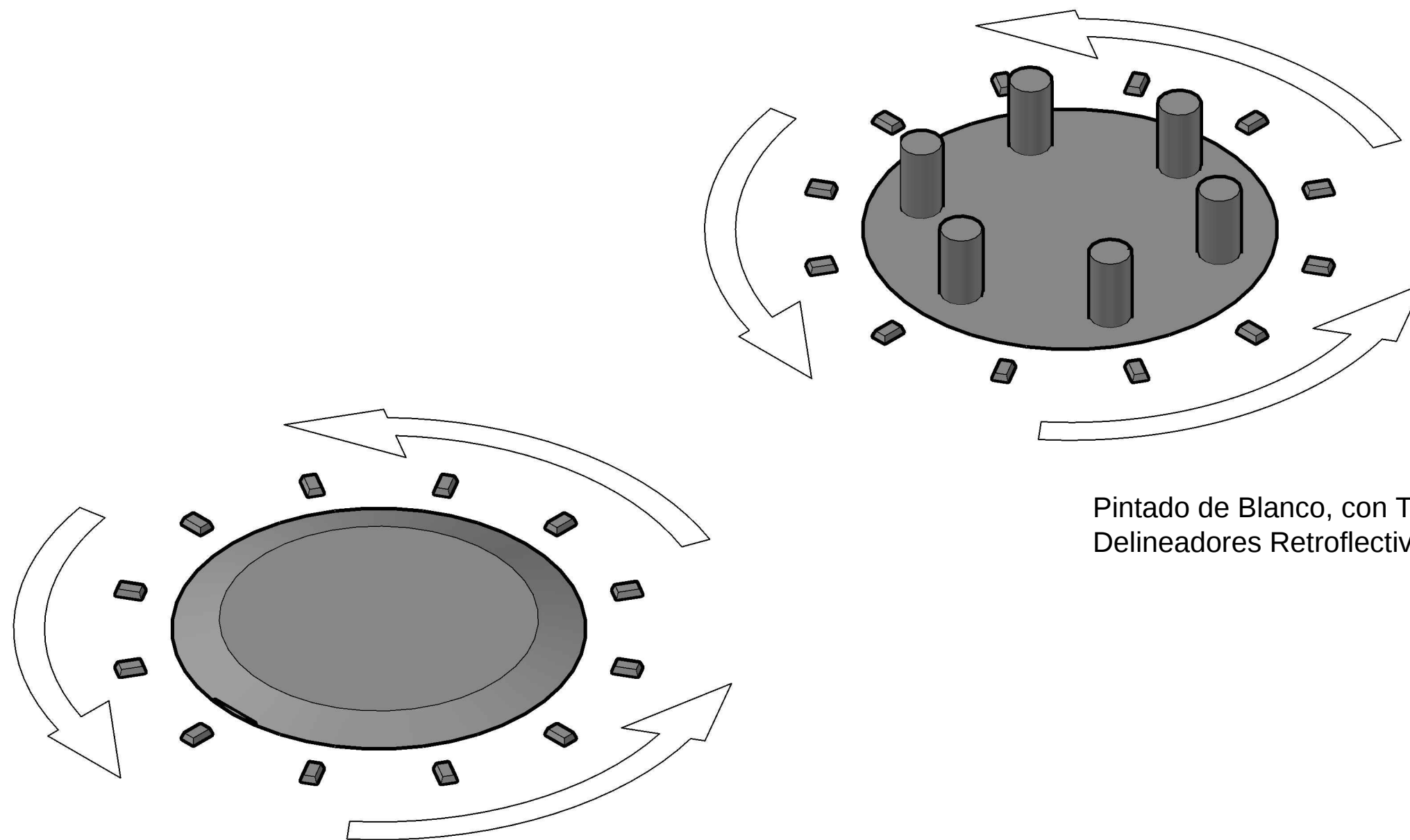
Pintado de Blanco, Reforzado con Delineadores Retroreflectivos



Pintado de Blanco, con Delineadores Retroreflectivos

UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA ESCUELA PROFECCIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO: "ORGANIZACION DE LAS INTERSECCIONES URBANAS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, 2015" PLANTEAMIENTO DE IMPLEMENTACION DE MINI ROTONDAS			
PLANO: DISEÑO DE ISLAS CON ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS			
UBICACION: DISTRITO: TARAPOTO – PROVINCIA: SAN MARTIN REGION SAN MARTIN			
RESPONSABLES: Bach. VASQUEZ CRUZ, Víctor Andrés Bach. JIMENEZ MONTEZA, Dany Omar			Lámina N°:
Dibujo Cad: VICTOR V. DANY J.	Escala: S/E	Fecha: ABRIL 2015	DI-02

Anexo A. 04



Pintado de Blanco, con Topes y Delineadores Retroreflectivos

Solido, con Delineadores Retroreflectivos

UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO: "ORGANIZACION DE LAS INTERSECCIONES URBANAS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, 2015" PLANTEAMIENTO DE IMPLEMENTACION DE MINI ROTONDAS			
PLANO: DISEÑO DE ISLAS CON ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS			
UBICACION: DISTRITO: TARAPOTO – PROVINCIA: SAN MARTIN REGION SAN MARTIN			
RESPONSABLES: Bach. VASQUEZ CRUZ, Víctor Andrés Bach. JIMENEZ MONTEZA, Dany Omar			Lámina N°: DI-03
Dibujo Cad: VICTOR V. DANY J	Escala: S/E	Fecha: ABRIL 2015	

Anexo A. 05

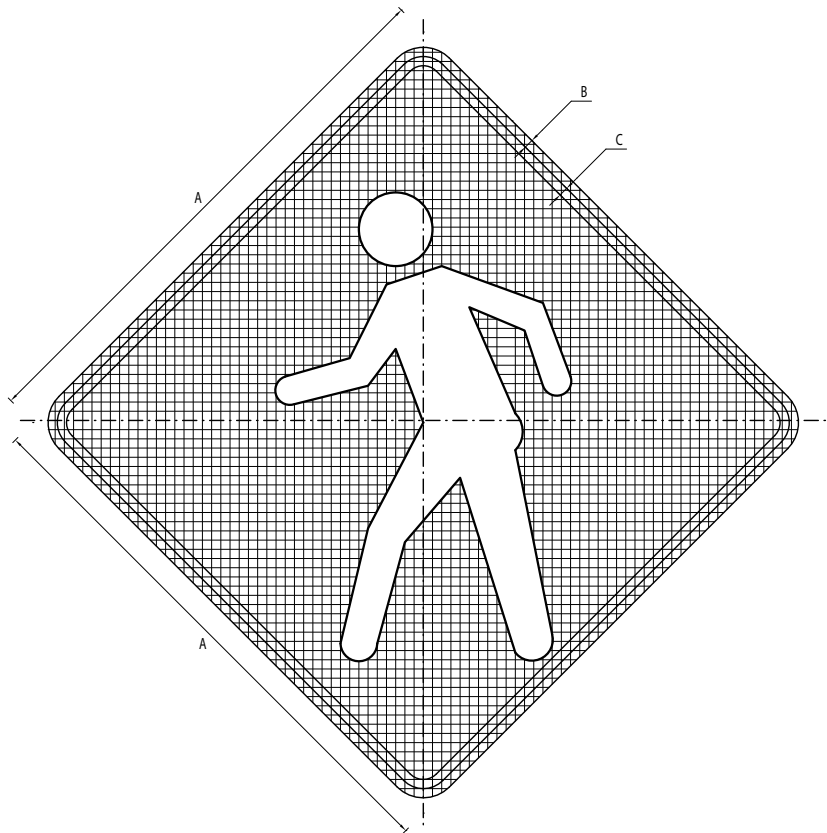
P-48

CRUCE DE PEATONES



Anexo A. 06

P-48 CRUCE DE PEATONES



P-48	DIMENSIONES (milímetros)			
	A	B	C	CUADRICULA
600 x 600	600,0	10,0	10,0	10 x 10
750 x 750	750,0	12,5	12,5	12,5 x 12,5
900 x 900	900,0	15,0	15,0	15 x 15

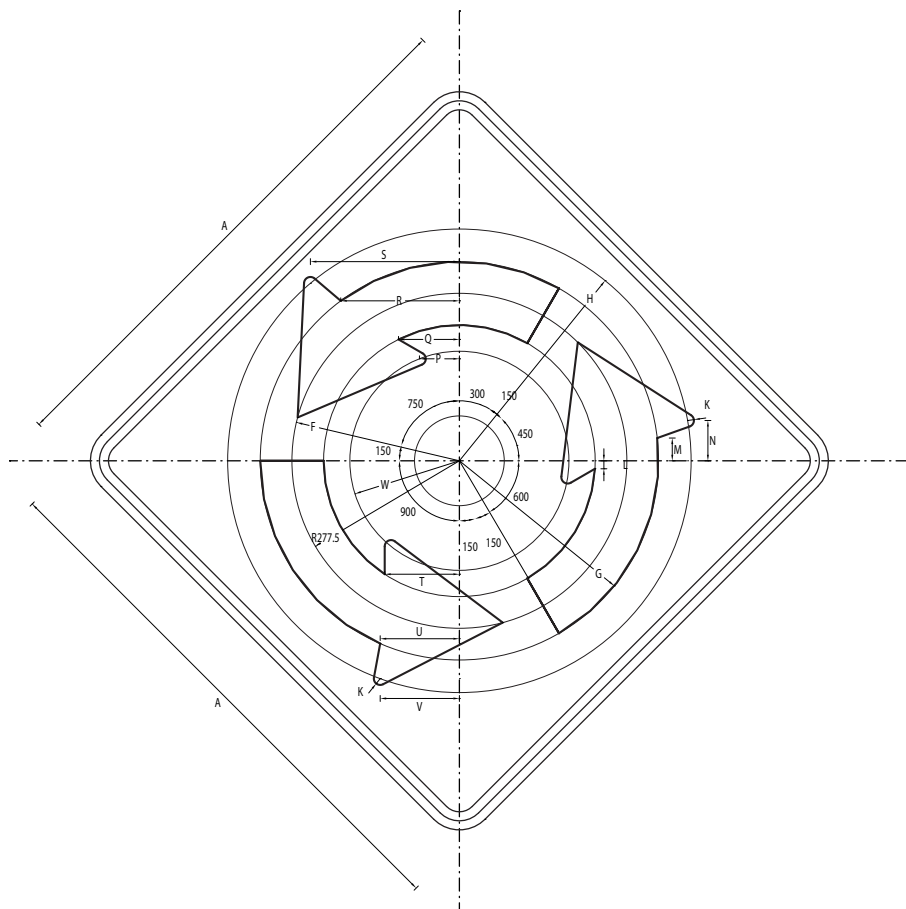
Anexo A. 07

P-15
ROTONDA



Anexo A. 08

P-15 ROTONDA



P-15	DIMENSIONES (milímetros)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
600 x 600	600,0	10,0	10,0	121,0	150,0	185,0	220,0	256,0	19,5	7,0	8,5
750 x 750	750,0	12,5	12,5	151,3	187,5	231,3	275,0	320,0	24,4	8,8	10,6
900 x 900	900,0	15,0	15,0	181,5	225,0	277,5	330,0	384,0	29,3	10,5	12,8

	M	N	P	Q	R	S	T	U	V	W
600 x 600	23,3	42,0	43,0	68,0	131,0	163,5	75,5	87,5	89,0	82,0
750 x 750	29,1	52,5	53,8	85,0	163,8	204,4	94,4	109,4	111,3	102,5
900 x 900	35,0	63,0	64,5	102,0	196,5	245,3	113,3	131,3	133,5	123,0

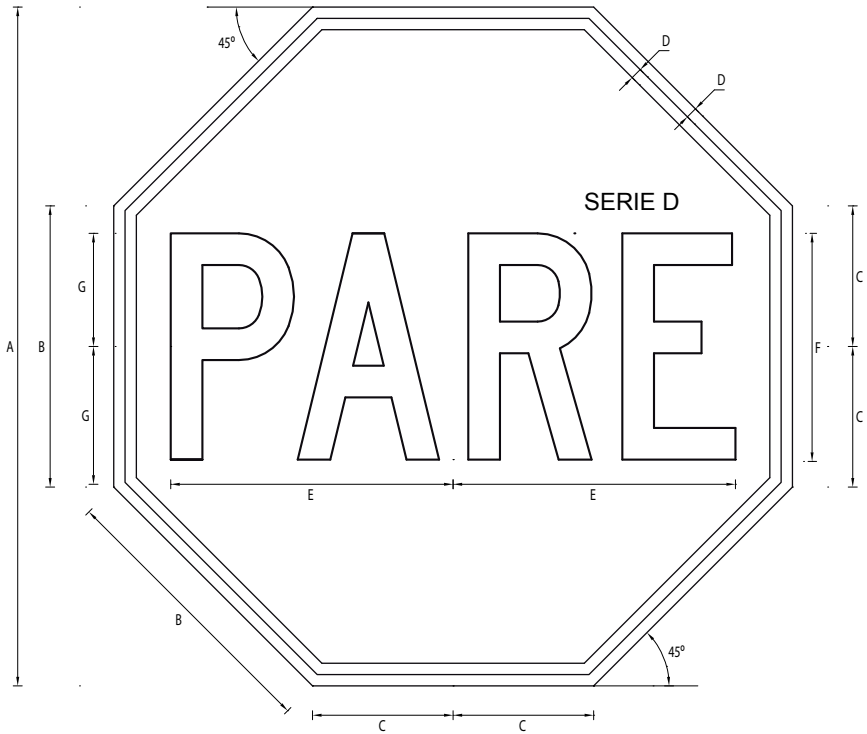
Anexo A. 09

R-1
PARE



Anexo A. 10

R-1 PARE



R-1	DIMENSIONES (milímetros)							ALFABETO
	A	B	C	D	E	F	G	
600 x 600	600.0	248.5	124.3	10.0	249.6	200.0	100.0	SERIE D
750 x 750	750.0	310.6	155.4	12.5	312.0	250.0	125.0	SERIE D

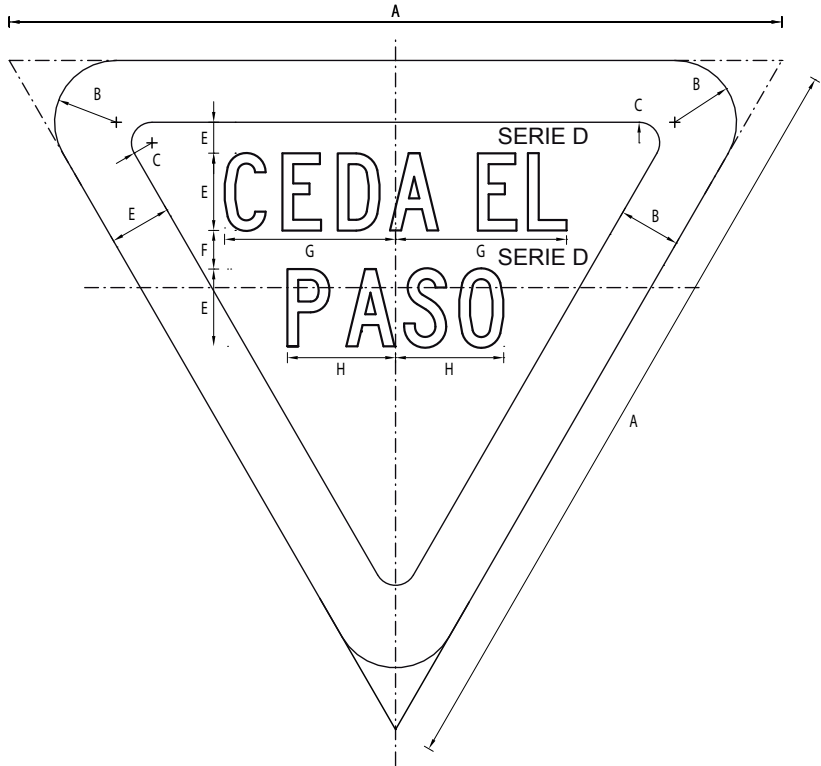
Anexo A. 11

R-2
CEDA EL PASO



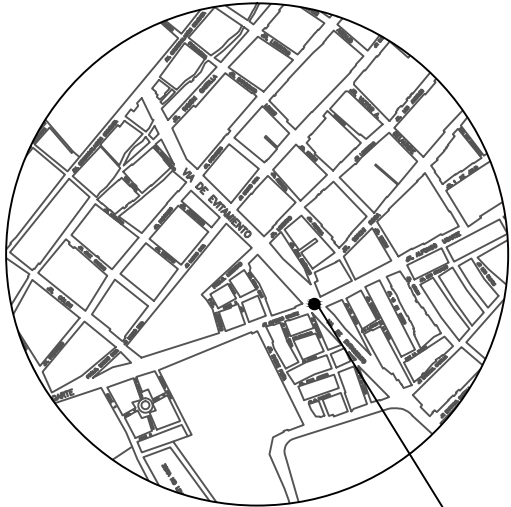
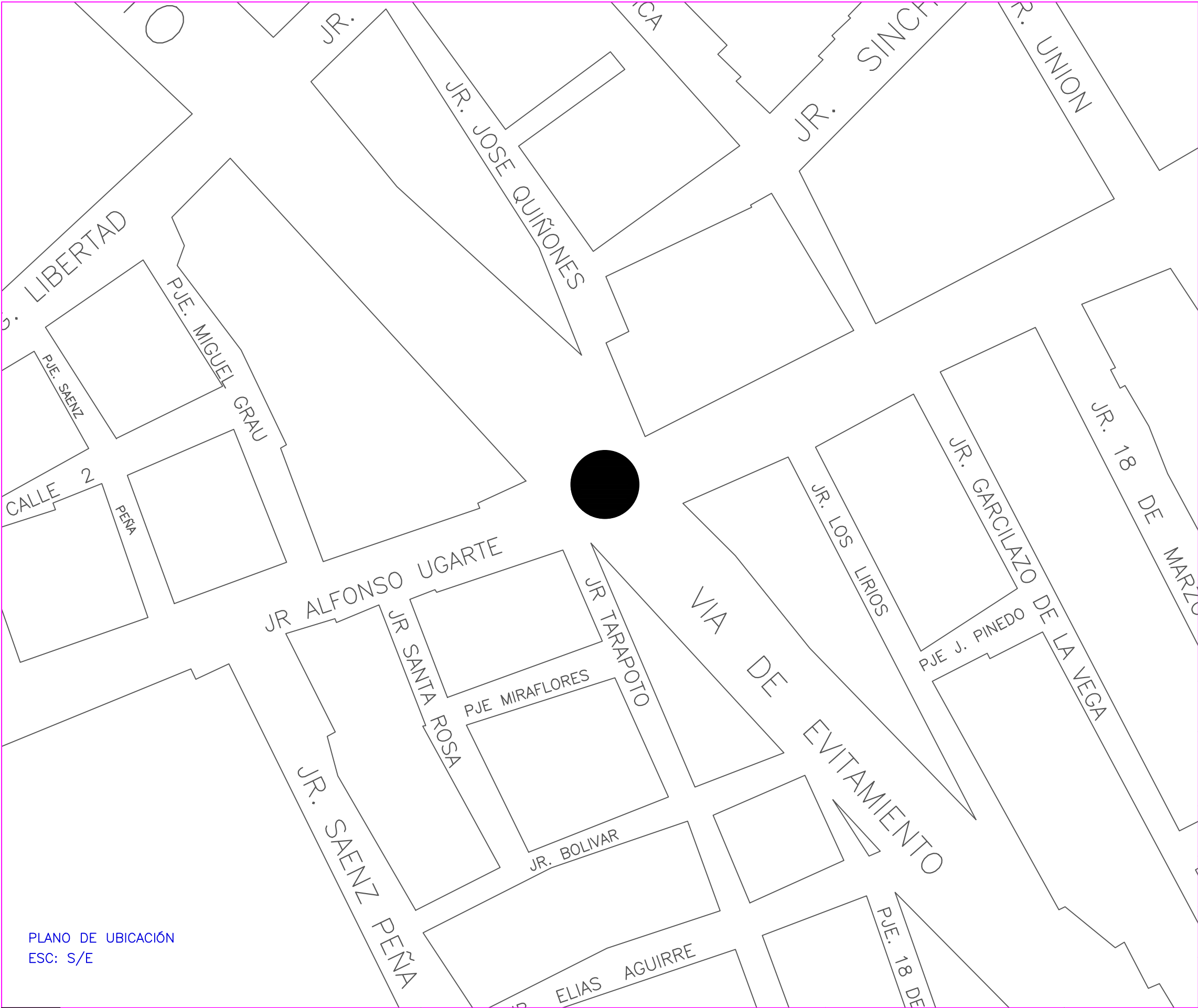
Anexo A. 12

R-2 CEDA EL PASO



R-2	DIMENSIONES (milímetros)								ALFABETO
	A	B	C	D	E	F	G	H	
750 x 750	750.0	60.0	20.0	75.0	23.0	37.5	84.4	85.6	SERIE E
900 x 900	900.0	72.0	24.0	90.0	27.6	45.0	101.3	102.7	SERIE E

Anexo A. 13



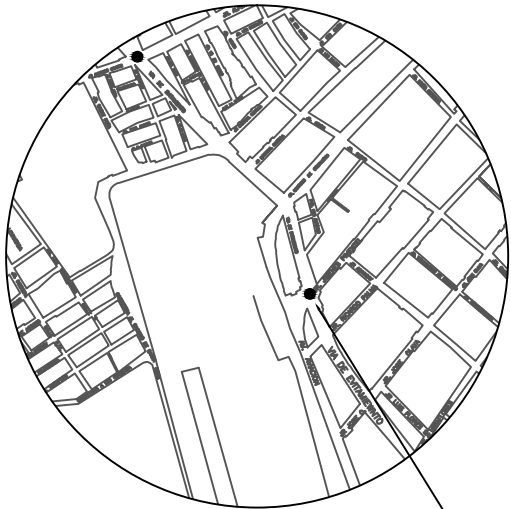
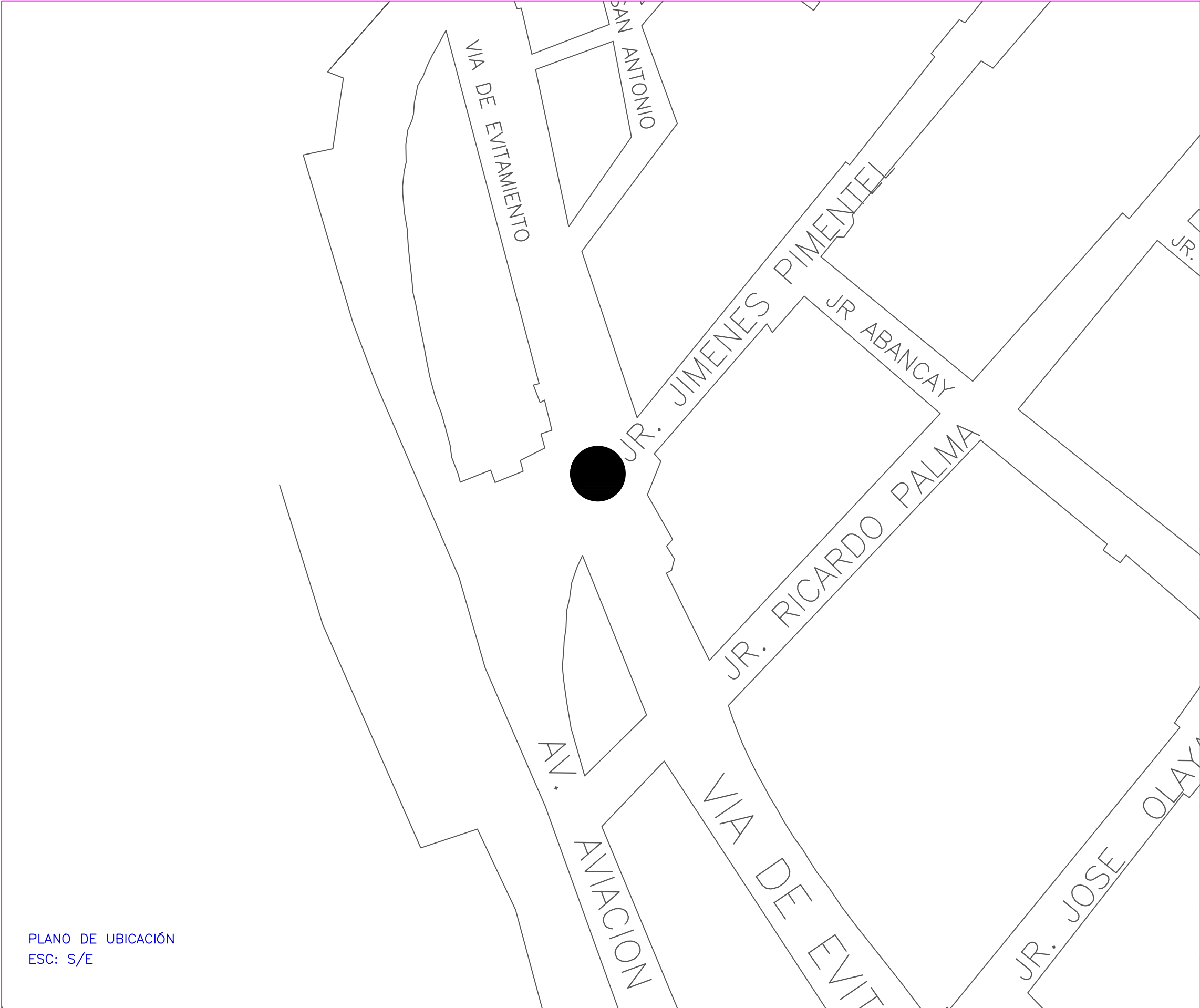
LOCALIZACION DE LA INTERSECCION

ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN
ESC: S/E

DEPARTAMENTO	: SAN MARTIN
PROVINCIA	: SAN MARTIN
DISTRITO	: TARAPOTO
SECTOR	: ATUMPAMPA
NOMBRE DE LA VIA	: CRUCE DE LA Av. ALFONSO UGARTE CON LA VIA DE EVITAMIENTO
N° DEL INMUEBLE	: S/N
MANZANA	: ____
LOTE	: ____
SUB-LOTE	: ____

PLANO DE UBICACIÓN
ESC: S/E

Anexo A. 14



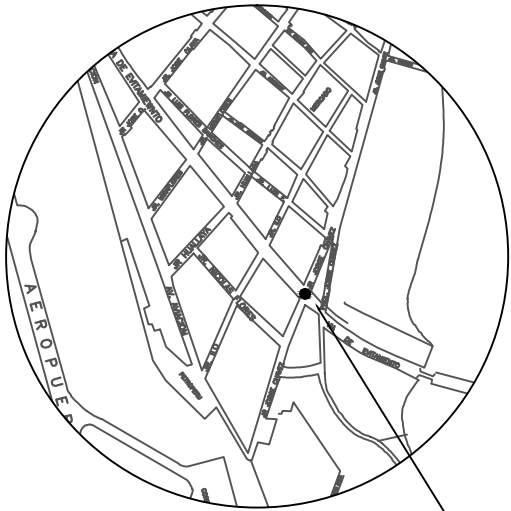
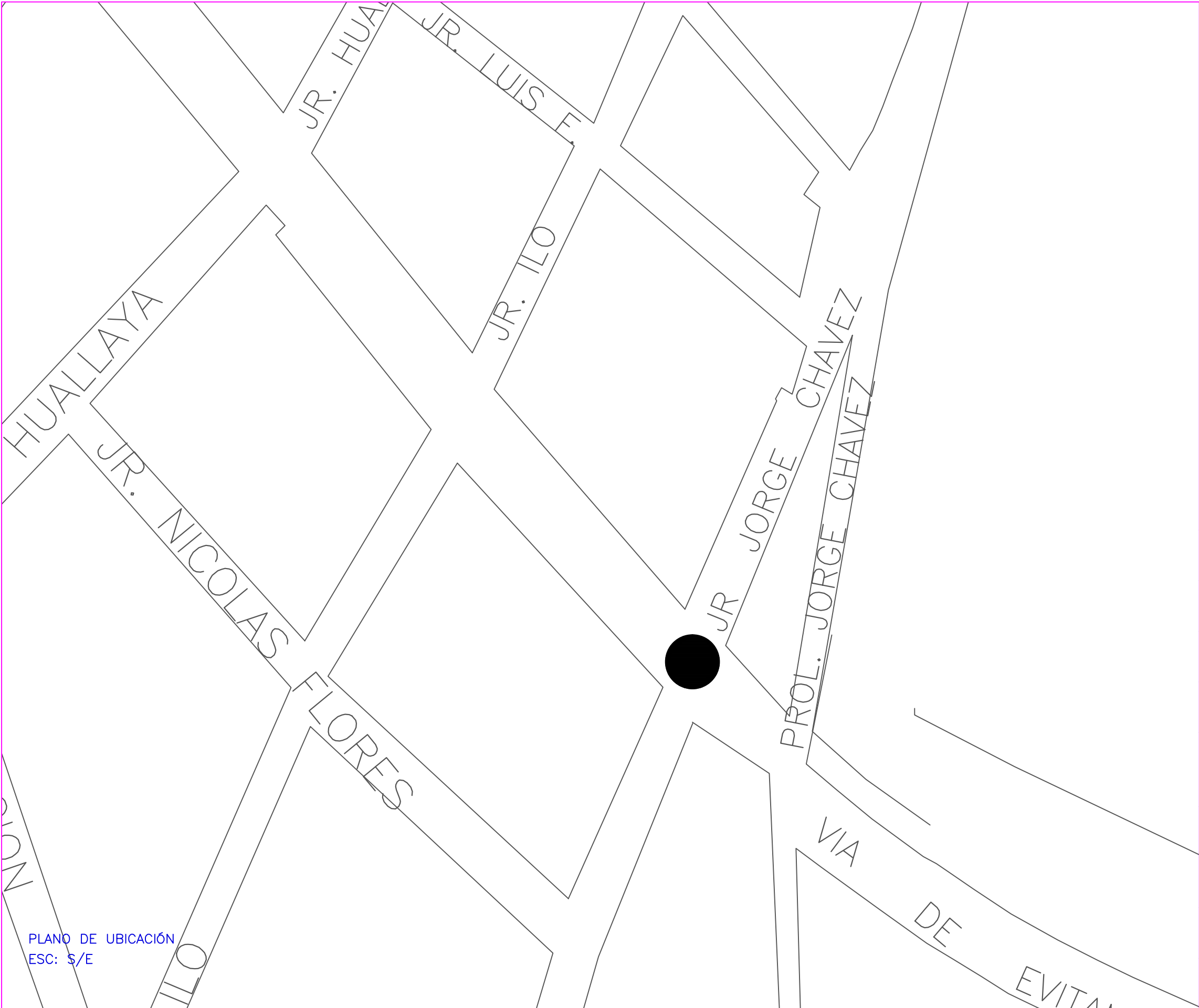
LOCALIZACION DE LA INTERSECCION

ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN
ESC: S/E

DEPARTAMENTO	: SAN MARTIN
PROVINCIA	: SAN MARTIN
DISTRITO	: TARAPOTO
BARRIO	: HUAYCO
NOMBRE DE LA VIA	: CRUCE DEL Jr. JIMENEZ PIMENTEL CON LA VIA DE EVITAMIENTO
N° DEL INMUEBLE	: S/N
MANZANA	: ____
LOTE	: ____
SUB-LOTE	: ____

PLANO DE UBICACIÓN
ESC: S/E

Anexo A. 15



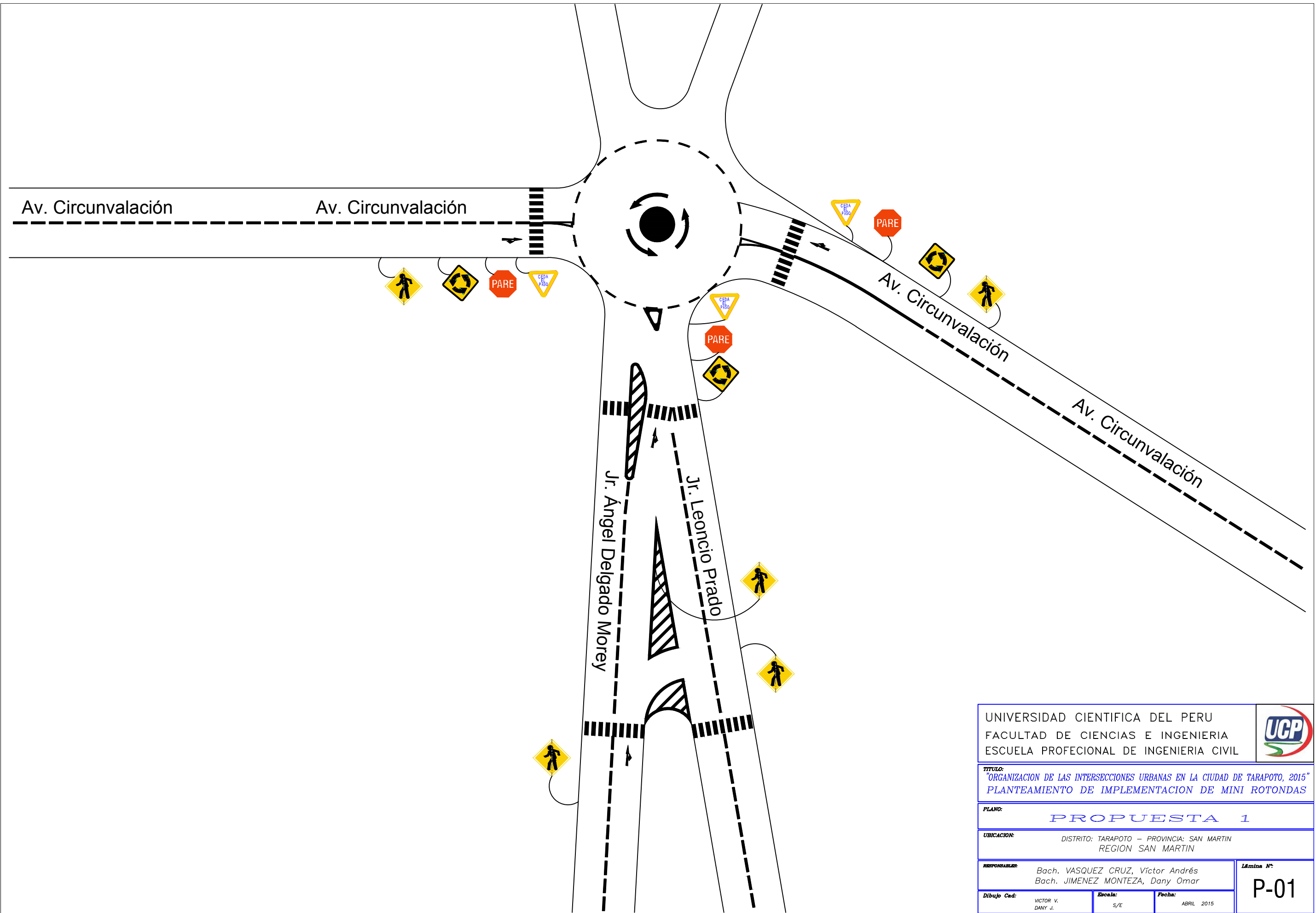
LOCALIZACION DE LA INTERSECCION

ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN
ESC: S/E

DEPARTAMENTO	: SAN MARTIN
PROVINCIA	: SAN MARTIN
DISTRITO	: TARAPOTO
BARRIO	: HUAYCO
NOMBRE DE LA VIA	: CRUCE DEL Jr. JORGE CHAVEZ CON LA VIA DE EVITAMIENTO
N° DEL INMUEBLE	: S/N
MANZANA	: ____
LOTE	: ____
SUB-LOTE	: ____

PLANO DE UBICACIÓN
ESC: S/E

Anexo A. 16



UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TITULO:
"ORGANIZACION DE LAS INTERSECCIONES URBANAS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, 2015"
PLANTEAMIENTO DE IMPLEMENTACION DE MINI ROTONDAS

PLANO:
PROPUESTA 1

UBICACION:
DISTRITO: TARAPOTO – PROVINCIA: SAN MARTIN
REGION SAN MARTIN

RESPONSABLES:
Bach. VASQUEZ CRUZ, Víctor Andrés
Bach. JIMENEZ MONTEZA, Dany Omar

Lamina N°:

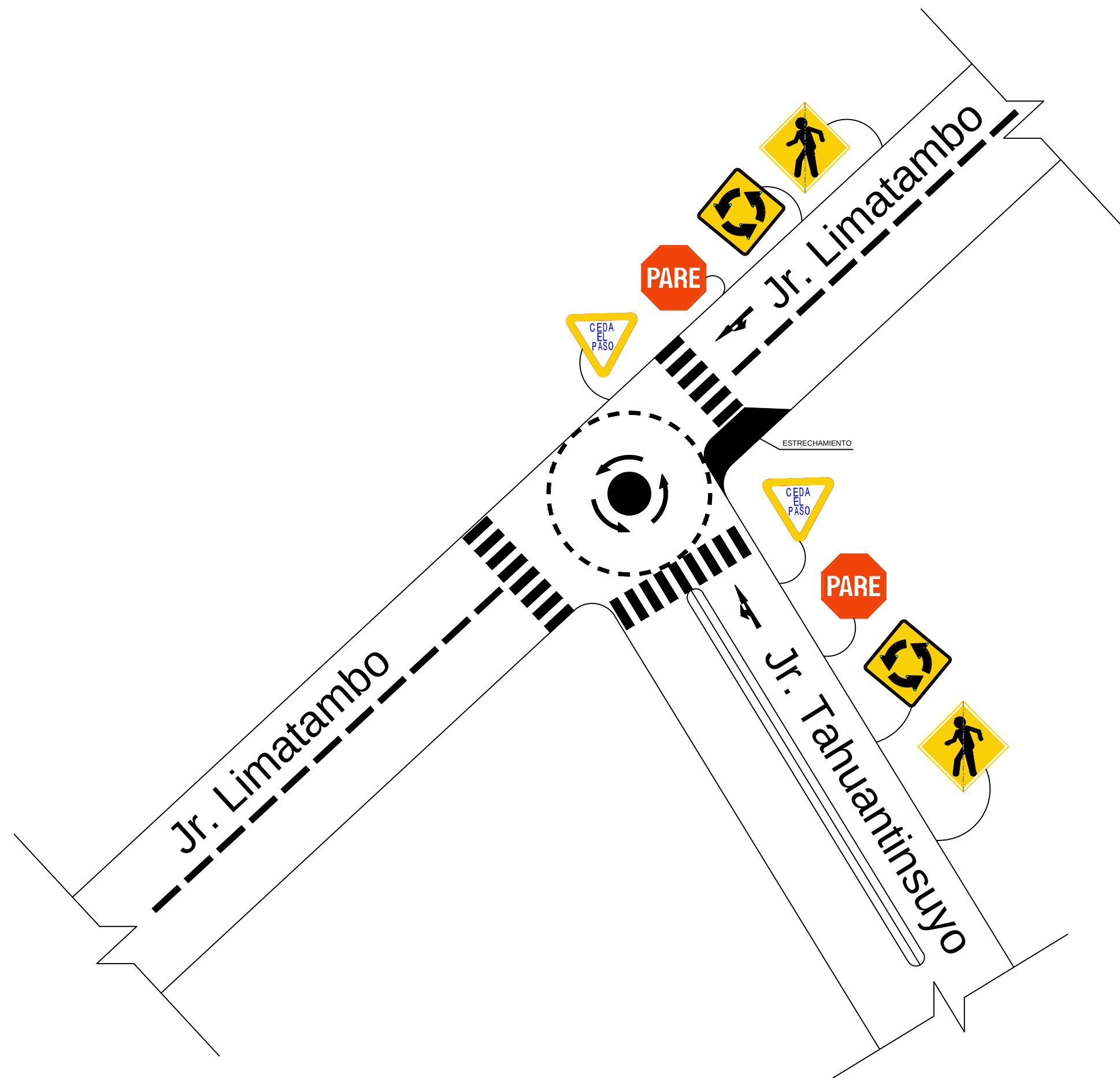
Dibujo Cad:
VICTOR V.
DANY J.

Escala:
S/E

Fecha:
ABRIL 2015

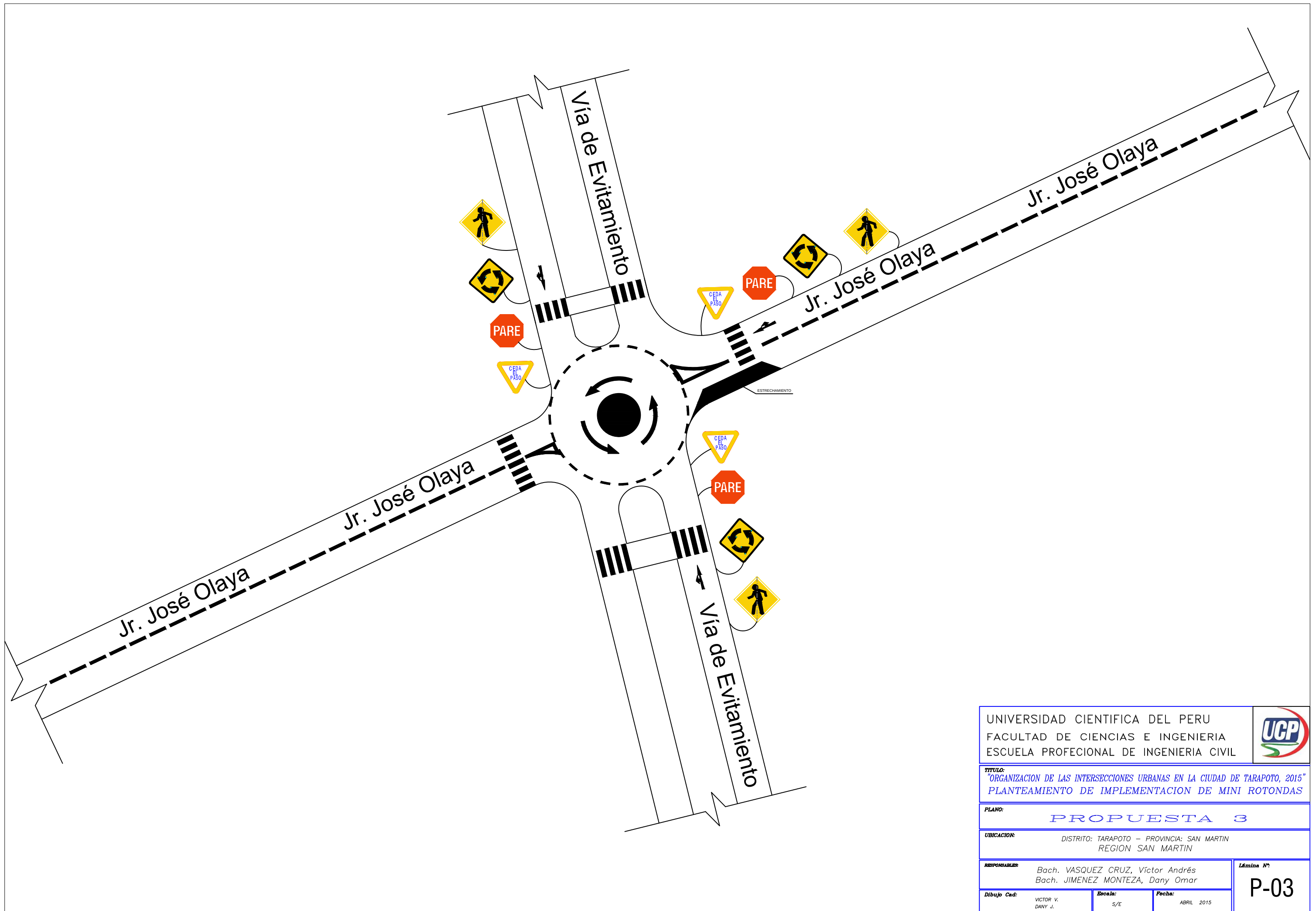
P-01

Anexo A. 17



UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA ESCUELA PROFECCIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO: "ORGANIZACION DE LAS INTERSECCIONES URBANAS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, 2015" PLANTEAMIENTO DE IMPLEMENTACION DE MINI ROTONDAS			
PLANO:			PROPUESTA 2
UBICACION:			DISTRITO: TARAPOTO – PROVINCIA: SAN MARTIN REGION SAN MARTIN
RESPONSABLES:			Lámina N°: P-02
Dibujo Cad:		Escala:	Fecha:
VICTOR V. DANY J.		S/E	ABRIL 2015

Anexo A. 18



UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO: "ORGANIZACION DE LAS INTERSECCIONES URBANAS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, 2015" PLANTEAMIENTO DE IMPLEMENTACION DE MINI ROTONDAS			
PLANO:			
PROPUESTA 3			
UBICACION:			
DISTRITO: TARAPOTO – PROVINCIA: SAN MARTIN REGION SAN MARTIN			
RESPONSABLES:			
Bach. VASQUEZ CRUZ, Víctor Andrés Bach. JIMENEZ MONTEZA, Dany Omar			
Dibujo Cad:		VICTOR V. DANY J.	Lámina N°: P-03
Escala:		S/E	
Fecha:		ABRIL 2015	