



**XVII CONGRESO ARGENTINO
DE VIALIDAD Y TRÁNSITO**

Trabajo Técnico: **MÁS APLICACIONES DE LAS ROTONDAS MODERNAS POS A10**

Área Temática **GERENCIAMIENTO EN REDES VIALES**
Rotondas

Autores **Luis Raúl Outes** – Ingeniero Civil UBA

DNI 12549027 – PRE-00146

Pje. Marcos Gonorasky 64

CP 4400 SALTA Capital

Tel: +54 0387 4390431

luisoutes@hotmail.com



Francisco Justo Sierra - Ingeniero Civil UBA - CPIC 6311

DNI 4723357 – PRE-00127

Avenida Centenario 1825 9A

CP 1643 BECCAR – San Isidro – Buenos Aires

Tel: +54 011 47471829

franjustierra@yahoo.com



ÍNDICE TEMÁTICO

MÁS APLICACIONES DE LAS ROTONDAS MODERNAS POS A10
Novedades salientes en la aplicación de las rotondas modernas 2010-2015
Desde Aprobación Informe Final Actualización A10 DNV – EICAM
Capítulo 5 – Sección 5.5 ROTONDAS MODERNAS <https://goo.gl/UNUAEz>

A COMPILACIÓN DE EXTRACTOS DE INFORMES

EUA, AUSTRALIA, GRECIA, CANADÁ, 2010-2015

EUA

NCHRP 572 Rotondas en los EUA

<https://goo.gl/xwXX3k>

NCHRP 672 Guía de Rotondas Modernas 2010

<https://goo.gl/2PwIHl>

NCHRP 772 Clark 2015

<http://goo.gl/iXZQTg>

KANSAS DOT Guía de Rotondas Modernas 2014

<http://goo.gl/hgqvPT>

WISCONSIN Diseño de Rotondas Mejoradas 2015

<https://goo.gl/vumwAz>

AUSTRALIA

AUSTROADS Geometría Vial para SV Mejorada 2015

<https://goo.gl/qiiKSN>

AUSTORADS Mejor Comportamiento de la SV 2015

<https://goo.gl/tNQISP>

GRECIA

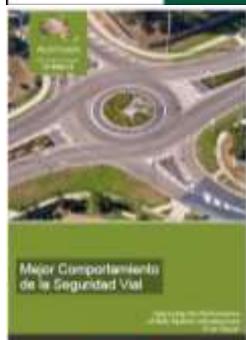
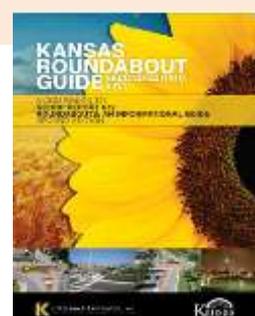
Diseño de Rotondas Modernas 2015

<https://goo.gl/tNQISP>

CANADÁ Alberta

Actualización de las Rotondas 2014

<http://goo.gl/wR4MgM>



Facilities Development Manual

Chapter 11 Design
Section 26 Roundabouts

Wisconsin Department of Transportation

FDM 11-26-1 General

June 24, 2016

Revise 11-26 (Roundabouts) with global name change from OSOW Freight Network (OSOW-FN) to OSOW Truck Route (OSOW-TR).

1. Historia reciente	4
2. Rotondas y Planificación del Transporte	5
3. Corredores de Rotondas	7
4. Comparación de Rotondas y Semáforos	11
5. Rotondas y Seguridad	15
6. Rotondas y Administración de Accesos	18
7. Paisajismo	19
8. Conclusiones	23



B	APLICACIONES EN LA ARGENTINA	24
1.	Rotondas en sistemas de semáforos coordinados	24
a.	Rotatoria Avenida Márquez (RP4) x Av. Rolón. S.I.	
2.	Planificación de rotondas redes viales existentes	28
a.	Rotonda RN 34 km 1310 Intersección RP14, acceso Colonia Santa Rosa	
b.	Acceso a Terminal de ómnibus de Pichanal y acceso sur de Pichanal	



**Rotonda Moderna en el interior de un Círculo de Tránsito.
 Más pequeña y conveniente que la gran rotatoria del pasado,
 demolida una vez construida la RM.
 Lexington, Estado de Nueva York**

1 HISTORIA RECIENTE

Las intersecciones introducen conflictos, y cada nueva intersección incorpora una nueva vulnerabilidad a la red vial. El conflicto introduce potencial de choques y demoras cuando los vehículos que giran impiden el tránsito directo. Los semáforos y señales PARE son tratamientos comunes usados para asignar derecho de paso en las intersecciones y demostraron ser compatibles entre sí en una red de caminos.

En 1990 surgió una nueva forma de intersecciones circulares, basada en las lecciones que los británicos aprendieron en la década de 1960 cuando el control de CEDER EL PASO a la entrada de la intersección, en lugar de una condición de PARE, dio lugar a un **cruce mucho más seguro y eficiente**; el tránsito fluye continuo, con menos paradas. Además de las evidentes ventajas en seguridad, ahorro de tiempo y nivel de mejoramientos del servicio, la calidad del aire también se beneficia cuando el tránsito motorizado se mantiene en movimiento. La rotonda es una solución eficaz para una intersección, aun cuando el análisis indique que la instalación de un semáforo está justificada.

Al reconocerse sus ventajas de seguridad y ambientales, los ingenieros viales las adoptan igual que otros adelantos tecnológicos. Opcionalmente, las rotondas modernas dan una estrategia de autorregulación de la intersección mediante la cual los conductores toman sus propias decisiones. Sin embargo, **siguen las dudas sobre la compatibilidad de las intersecciones semaforizadas y las rotondas a lo largo del mismo corredor.**

La rotonda moderna tiene tres características distintivas:

- Forma circular preferible,
- Características geométricas para lentificar al tránsito por la intersección
- Señalización vertical y horizontal de CEDA EL PASO para controlar la entrada

Con frecuencia, las rotondas se consideran en forma individual para enfrentar las necesidades operativas y de seguridad en una intersección aislada, o en un tramo de camino; y en el proyecto **se presta poca atención a la forma en que una rotonda puede afectar a un corredor o red vial.** Una rotonda puede resolver problemas, pero también afectar negativamente el rendimiento del corredor, si no se evalúa el **control de tránsito de las intersecciones adyacentes.** Los tiempos de semáforos, los cambios progresivos y la coordinación con otros semáforos pueden comprometer a cómo los pelotones se disipan en una rotonda con la señal CEDA EL PASO al entrar.

Entre las intersecciones circulares hay varias incompatibilidades; tales como quién tiene el derecho-de-paso, uso de semáforos en la intersección, número de carriles en la calzada circular, usos que pueden o no ocurrir en la calzada circular, o en la isleta central.

Las intersecciones recientemente planificadas, corredores y redes de caminos en los desarrollos futuros o en áreas de reurbanización se evalúan para alcanzar niveles óptimos de movilidad y seguridad. En los nuevos corredores, las rotondas se consideran con más frecuencia a partir de los beneficios potenciales de mayor seguridad, capacidad, mejoramiento de la movilidad, **reducción de la calzada y ampliación de la superficie de intersección**, menor consumo de combustible y mejor calidad del aire, estética, administración de acceso, y apaciguamiento del tránsito.

La rotonda moderna es una solución de diseño flexible que incorpora características coherentes. El objetivo es desarrollar un perfil de la vía que requiera del conductor entrar en la rotonda a una velocidad lenta, y luego navegar a través con sentido antihorario a una velocidad similar a otros conductores que entran o salen de la rotonda.

El estacionamiento está prohibido, y no debe haber ninguna actividad o uso en la isleta central que atraiga a los peatones, los cuales deben cruzar por los pasos marcados claramente. Las características de diseño de la rotonda operan juntas para minimizar las demoras de viaje, desarrollar una velocidad constante, y aumentar la seguridad. A menudo, esto puede resultar en ahorros de tiempo en general, mejoramiento del nivel de servicio y mayor seguridad sobre los diseños convencionales de cruce.

La señal CEDA EL PASO controla siempre la entrada de los vehículos a la rotonda moderna. En algunos casos este diseño puede ser una mejor solución que una intersección semaforizada, porque no necesariamente el tránsito tendrá que detenerse completamente cuando haya **claros aceptables** en el flujo de tránsito circular. Como resultado, en las intersecciones donde el volumen de tránsito justifique la instalación de un semáforo, a menudo las rotondas pueden funcionar tan bien o mejor que un semáforo.

Probablemente la rotonda moderna se convierta en la solución de diseño de intersección más ampliamente usada en el mundo. Los ingenieros viales comprenden los muchos beneficios que da, tales como **velocidades de desplazamiento más lentas**, mayor seguridad sobre los diseños tradicionales, movimiento y viaje ordenado del tránsito.

La rotonda moderna puede usarse en una variedad de entornos urbanos y rurales, y con una variedad de configuraciones que van desde la más pequeña minirotonda a rotondas de varios carriles y terminales de ramas de distribuidores. Por igual, los automovilistas y los ingenieros viales se dan cuenta de su amplia aplicación potencial y del beneficio para tomarlas en consideración a lo largo de las intersecciones tradicionales.

- Generalmente las velocidades de operación bajan por los efectos apaciguadores del tránsito de la rotonda.
- En casi todos los casos, el número total de choques se reduce cuando una rotonda reemplaza una intersección convencional
- El número de choques con heridos se reduce dramáticamente debido al común sentido del viaje y velocidades de operación similares.

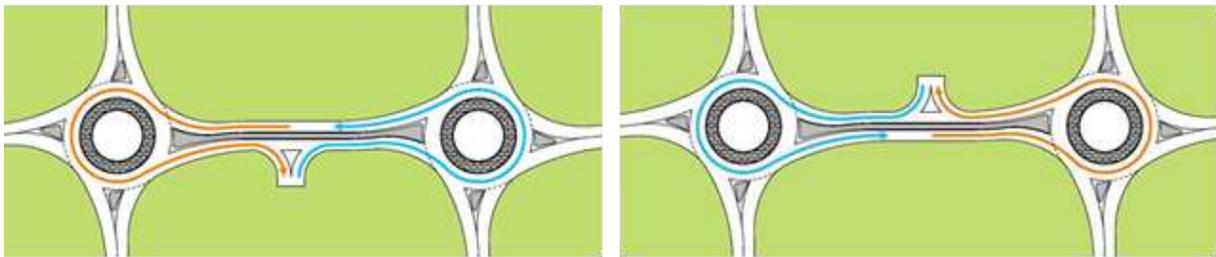
2 ROTONDAS Y PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE

Planificación de la red y administración de accesos. En lugar de pensar en las rotondas como una intersección aislada, al principio de la planificación corresponde identificar los probables mejoramientos de la red. La planificación y diseño del proyecto son propensos a tener más éxito cuando son parte de un proceso de planificación local más grande.

Deben identificarse las relaciones de uso del suelo y relacionarse las futuras decisiones. Las rotondas son elementos integrales de pueblo, proyectadas en planes de circulación con múltiples objetivos de mejoramiento de la circulación, seguridad, movilidad peatonal y ciclista, y administración de accesos. Las rotondas se basan en la desaceleración de los vehículos y procesamiento del tránsito de manera eficiente y segura, que se traducen en una característica secundaria de "tránsito apaciguado".

Un uso potencial de las rotondas arteriales es funcionar como portales, o entradas a un desarrollo más denso, como pueblos o ciudades, para indicar a los conductores la necesidad de reducir la velocidad para los próximos conflictos, como los movimientos de giro y pasos de peatones.

La reconversión del desarrollo de la franja comercial suburbana para obtener los objetivos de administración de acceso para minimizar los conflictos, puede ser una excelente aplicación para las rotondas. A menudo se diseñan medianas elevadas para reducir al mínimo los conflictos giro-izquierda; y las rotondas para acomodar los cambios de sentido. Las salidas de giro-izquierda de calzadas en un arterial pueden sufrir retrasos largos al requerir giros-izquierda en dos etapas que podrían reemplazarse con un simple giro a la derecha, seguido por un cambio de sentido en la siguiente rotonda. Una rotonda puede dar un fácil acceso a las propiedades de las esquinas de todas las direcciones.



Llegadas en Pelotón en las Aproximaciones

Los vehículos que salen de una intersección semaforizada tienden a agruparse en pelotones, que se dispersan a medida que se mueven aguas abajo. La distribución del tránsito de entrada y el rendimiento de una rotonda se ven afectados por su proximidad a intersecciones semaforizadas. Si una intersección semaforizada está muy cerca de una rotonda, los vehículos llegan a la rotonda en pelotones, muy próximos entre sí. El volumen del pelotón que llega y la capacidad de la rotonda dictarán la capacidad de la rotonda para procesar el pelotón. Estas situaciones deben analizarse cuidadosamente para obtener un diseño adecuado para la situación.

Patrón de salida desde la rotonda

El tránsito que sale de una rotonda tiende a ser más aleatorio que para otros tipos de control de intersección. Los claros intermedios son más cortos pero más frecuentes en comparación con un semáforo. Junto con los claros, las velocidades más lentas de los vehículos que entran y salen permiten salir y entrar de los caminos de entrada cercana o calles laterales. Los efectos de lentificación se ven disminuidos al seguir aguas abajo. Sin embargo los vacíos creados en la rotonda se realizan aguas abajo y los vehículos tienden a dispersarse de nuevo y dan oportunidades al tránsito desde la calle para entrar en el camino principal.

A veces el tránsito en un camino secundario puede tener dificultades para entrar en un camino principal en una intersección no-semaforizada. Esto sucede cuando la calle está situada entre dos intersecciones semaforizadas y pelotones de tránsito desde las intersecciones semaforizadas llegan a la intersección de la calle lateral, aproximadamente al mismo tiempo. Si una rotonda sustituye una de estas intersecciones semaforizadas, a continuación, sus pelotones de tránsito se dispersarían y será más fácil para el tránsito en la calle lateral entrar en la calle principal.

Cuando los semáforos están bien coordinados dan claros en las intersecciones cercanas a mitad de cuadra para acceder a la línea principal.

Si una rotonda se usa en una red de intersecciones semaforizadas coordinadas, entonces puede ser difícil mantener los pelotones estrechamente empaquetados. Si un pelotón apretado se acerca a una rotonda, podría seguir a través de la rotonda, siempre y cuando no haya tránsito que circula o tránsito desde la izquierda. **Sólo un vehículo que circula resultaría en la descomposición del pelotón.** Por lo tanto, **este uso híbrido de rotondas en una red semaforizada coordinada necesita ser evaluado cuidadosamente.**

Incluir a las rotondas como una opción válida en la planificación alienta a los organismos viales a evaluar los efectos de la instalación de una rotonda en un sistema, y evaluar la relación con las intersecciones controladas por semáforos.

Al reconocerse a las rotondas como una estrategia de seguridad y movilidad, se sientan las bases para futuros mejoramientos del transporte.

Preservar la Zona-de-Camino. Si una rotonda no es la opción más viable en el momento, la preservación de la zona-de-camino puede dar más opciones en el futuro cuando las condiciones cambien. Los espacios abiertos son rápidamente absorbidos por el desarrollo. La importancia de adquirir suficiente zona-de-camino para corredores viales y elegir el mejor diseño de intersecciones se convierte en esencial.

Desarrollar Planes de Administración del Corredor. Las rotondas se consideran una estrategia exitosa para la gestión de corredores a causa de una mayor seguridad, mayor capacidad vehicular, menor consumo de combustible y de la calidad del aire, menor costo, la estética, sencillos giros-U, y apaciguamiento del tránsito.

Una rotonda bien diseñada requiere que los conductores desaceleren. Debido a esto, las rotondas sirven como un método para alertar a los usuarios de que están haciendo la transición desde un entorno de camino a otro, como desde la autopista a un sistema local de calles, o de un entorno rural a otro urbano.

3 CORREDORES DE ROTONDAS

Rotondas estrechamente espaciadas. A veces es deseable tener en cuenta la operación de dos o más rotondas en estrecha proximidad entre sí. Potencialmente, las rotondas estrechamente espaciadas pueden reducir las colas y equilibrar los flujos de tránsito. La separación entre dos rotondas se considera poco espaciada si la distancia entre centros es menor que unos 300 m, de centro a centro. También pueden adaptarse a una amplia gama de accesos, tanto públicos como privados. En cualquier caso, en cada rotonda se prevé que la longitud de la cola se vuelva importante. Hay que calcular las colas de espera en cada aproximación para comprobar que se da suficiente espacio de puesta en cola, de los vehículos entre las rotondas. El par de rotondas puede diseñarse para reducir al mínimo la puesta en cola entre rotondas, mediante la limitación de la capacidad de las aproximaciones entrantes.

Las rotondas muy próximas entre sí pueden mejorar la seguridad y la accesibilidad a los negocios o el acceso residencial o calles laterales al disminuir el tránsito en el camino principal. Los conductores pueden ser reacios a acelerar hasta la velocidad esperada en la arteria si también están obligados a reducir la velocidad de nuevo para la siguiente rotonda cerca. Esto puede beneficiar a los residentes cercanos.

Rotondas en serie. Las rotondas se pueden instalar en una serie a lo largo de un corredor, como se muestra. Esto puede crear una serie de oportunidades para:



- Facilitar los giros-U entre las intersecciones. A menudo los accesos restringidos pueden servirse más eficientemente cuando se encuentran entre rotondas que entre los semáforos, debido a los movimientos más eficientes de cambio de sentido. Esto puede apoyar una política global de administración de acceso para el corredor.
- Permiten evitar la necesidad de ampliar la calzada entre las rotondas (concepto "nodos anchos, conexiones angostas").

Sin embargo, estas oportunidades pueden venir con una serie de desafíos:

- Es probable que las calzadas entre las rotondas funcionen con una capacidad inferior y demora mayor debido al alto grado de aleatoriedad en las separaciones de los vehículos a lo largo de la calle principal. Aguas abajo de un semáforo, la descarga en pelotón crea períodos entre pelotones donde las diferencias son mayores. Así, puede ser necesario restringir algunos movimientos mediante cambios de sentido en las rotondas para obtener operaciones aceptables.
- La preferencia y prioridad del semáforo no es posible con una serie de rotondas, a menos que se den semáforos adicionales.
- El retraso puede ser mayor para el tránsito debido a la incapacidad para dar la progresión al pelotón, igual que con los semáforos coordinados.

Diseño para condiciones futuras. Cuando el volumen de tránsito proyectado indica que se requiere una rotonda de varios carriles para las condiciones futuras, los proyectistas deben evaluar la duración de una configuración intermedia (por ejemplo, una rotonda de un solo carril), que funcionará aceptablemente antes de requerir carriles adicionales.

Cuando una rotonda de un solo carril tiene capacidad suficiente durante la mayor parte de su vida de proyecto, los proyectistas deben considerar la construcción y operación de la rotonda en una configuración de un solo carril hasta que los volúmenes de tránsito dicten la necesidad de la expansión definitiva a una rotonda de varios carriles.

Al considerar una rotonda provisional de un solo carril, el diseñador debe evaluar las necesidades en materia de zona-de-camino y geométricas, tanto para calzada circulatoria o multicarril final. Se debe tener en cuenta la futura construcción de los carriles adicionales:

- **Construir los carriles adicionales de entrada, circulación y salida en el exterior de la rotonda de un solo carril (expansión hacia el exterior).**

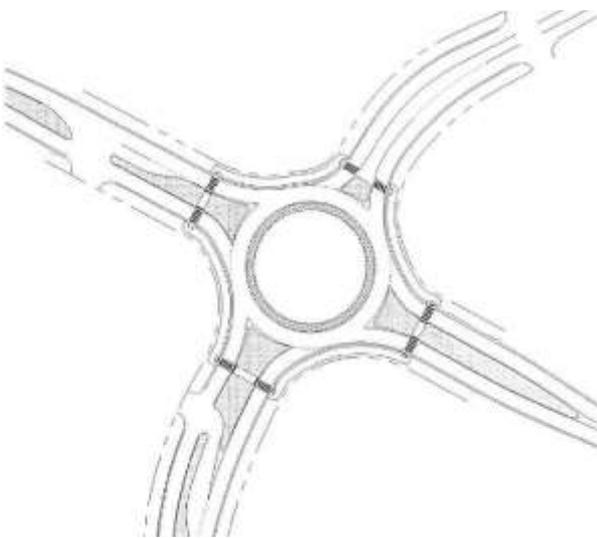
Con esta opción, puede ser más fácil para la construcción que se produzca mientras se mantiene el flujo de tránsito. Sin embargo, cuando se utiliza esta opción, se debe tener cuidado de dar diseño geométrico adecuado, incluido el de cada isleta, por lo que serán dados reducción de velocidad y un buen alineamiento del camino. Se recomienda diseñar inicialmente la rotonda de la condición de varios carriles definitiva para dar la geometría adecuada y luego quitar los carriles exteriores del diseño para formar la rotonda inicial de un

solo carril. **Construir las adiciones a carriles de entrada, circulación y salida de los carriles en el interior de la rotonda de un solo carril (expansión en el interior).**

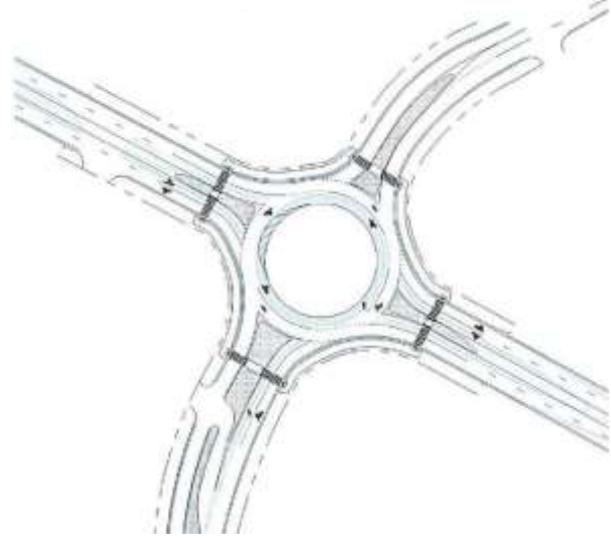
En esta opción, la rotonda inicial de un solo carril está diseñada para ocupar el mismo diámetro del círculo inscrito como la última rotonda de varios carriles. Esto permite al diseñador definir los límites exteriores de la intersección durante la construcción inicial. Esto limita los futuros impactos de la construcción a las propiedades circundantes durante la ampliación, como aceras, cordones exteriores, características de drenaje, y la iluminación, que no suelen requerir un ajuste. En este caso, la rotonda es de nuevo inicialmente diseñada para la configuración multicarril final. Sin embargo, la modificación de un diseño de un solo carril se hace dando isletas partidoras anchas y una isleta central ampliada que ocupa el espacio necesario para los carriles de circulación en el interior. La expansión futura de la rotonda de varios carriles se obtiene mediante la reducción de la anchura de las isletas partidoras y la ampliación en el interior de los carriles de circulación existentes. Por lo general, las isletas partidoras, central y delantal de camión requerirían reemplazo.

Ejemplo de construcción por etapas de una rotonda multicarril

Diseño Interino – Rotonda de Un Carril



Diseño Final – Rotonda Multicarril



La aplicación de rotondas en un corredor comercial urbana con mucho tránsito tiene potencial para mantener el nivel de servicio global a través del corredor, y un alto grado de moderación del tránsito y la seguridad, tanto en términos del exceso de velocidad a lo largo del pasillo y en términos del número de conflictos de tránsito que ocurren en las intersecciones. Además del uso de rotondas con control de PARE o semáforos, también se usan en serie, lo cual facilita los giros-U en accesos restringidos y permite flexibilidad, al maximizar la capacidad de cruce.

Problemas comunes. Una preocupación común para uso de rotondas en una serie a lo largo de un corredor es cómo se verá afectado el flujo. A lo largo de un corredor importante con semáforos, se realiza un intento por lo general para coordinar los semáforos o dar la progresión de manera que grandes grupos de vehículos pueden seguir a través del sistema sin ser detenidos. Una serie de rotondas obliga a todos los vehículos a reducir la velocidad en cada intersección. Otra preocupación es la posible demora de los vehículos de emergencia. En muchas jurisdicciones, algunos corredores usan intersecciones semaforizadas para dar prioridad a los vehículos de emergencia.

Rotondas en zonas escolares. Un creciente número de rotondas se suele encontrar cerca de las escuelas, donde reducen las velocidades, dan distancias de cruce más cortas, y permiten que los peatones crucen un único sentido de marcha a la vez, todo lo cual es beneficioso para niños peatones. Las rotondas no asignan el derecho de paso, como una fase peatonal hace en un semáforo, sino que permite a los peatones elegir un claro seguro en el tránsito que está desacelerando para entrar en la rotonda.

Rotondas en zonas agrícolas. Las agencias pueden ser reacias a aplicar las rotondas en los corredores rurales. También deben adaptarse a los conductores rurales y maquinaria agrícola. La reducción de demoras es la menor preocupación, pero el principal beneficio de las rotondas en un corredor rural es la reducción de choques.

Rotondas en Áreas Comerciales. Nuevos desarrollos comerciales están usando rotondas a la entrada de sus tiendas.

Costo. El costo de una rotonda es muy variable dependiendo de una amplia variedad de factores, incluyendo la zona, complejidad de los mejoramientos, huella de la rotonda, mantenimiento del tránsito, y paisajismo. Los costos son típicamente más altos cuando se requiere una cantidad sustancial de realineamiento, pendientes, o trabajos de drenaje. Otros costos significativos pueden incluir grandes cantidades de jardinería, amplia señalización y balizamiento, y cordones en todos los bordes del pavimento exterior.

Típicamente, los costos operativos de una rotonda son mayores que los de una intersección no semaforizada, pero menores que una intersección semaforizada (que consume electricidad y requiere mantenimiento periódico). Por lo general incluyen iluminación, la señalización horizontal, y una pavimentación según fuere necesario; remoción de nieve, y mantenimiento del paisaje (que en muchos casos también son necesarios para las intersecciones semaforizadas). Las rotondas también dan seguridad adicional, operativa, y beneficios ambientales, y a menudo, un análisis de costo del ciclo de vida favorecerá la construcción de una rotonda frente a otras opciones.

Rotondas en los corredores. Las intersecciones (nodos), y no los tramos de camino (vínculos) son los cuellos de botella en la red de caminos urbanos. La atención debe centrarse en maximizar la capacidad de las intersecciones en lugar de expandir las vías. Las intersecciones semaforizadas requieren carriles de giro dedicados con almacenamiento suficiente para evitar colas en derrame a través de los carriles de tránsito.



A menudo, las rotondas requieren más espacio en la intersección, pero menos aguas arriba y aguas abajo. Por lo general, se instalan en intersecciones aisladas para abordar la seguridad específica de la situación o las necesidades operativas. El uso de las rotondas en corredores semaforizados no fue bien evaluado. Comúnmente se cree que las rotondas pueden mejorar el flujo de tránsito y las velocidades a lo largo de un corredor urbano de desplazamiento mediante la reducción de retrasos causados por la velocidad de ralenti en las intersecciones.

Sin embargo, preocupa que una rotonda en un corredor coordinado semaforizado interrumpa el flujo de tránsito continuo: los semáforos de aguas abajo pueden procesar más eficientemente vehículos en un pelotón. Las rotondas pueden descargar vehículos más eficientemente cuando el tránsito llega al azar. Así una cola innecesaria puede resultar en las rotondas aguas abajo de intersecciones semaforizadas. Puesto que poca investigación estaba disponible para comparar los impactos del flujo de tránsito de rotondas dentro de un corredor semaforizado, dos estudios de caso fueron evaluados con un paquete de simulación de tránsito microscópico.

Una "serie de rotondas" se define como al menos tres rotondas que funcionan de manera interdependiente en un arterial. Estos métodos de evaluación serán de utilidad para los ingenieros de tránsito y planificadores de transporte.

El análisis operativo confirma investigaciones anteriores que muestran que las rotondas son similares a las intersecciones no-semaforizadas, pero las diferencias pueden influir en las operaciones y la seguridad dentro del área funcional de la rotonda.

Es necesaria más discusión sobre aplicación de rotondas semaforizadas en lugar de las convencionales intersecciones semaforizadas. Más expertos concordaron en que esta solución tendría menor capacidad máxima que un sitio convencional de tamaño comparable.

Algunos sugirieron soluciones observadas para aumentar el riesgo de choques menores. Este fenómeno de conversión de tipos de choque está bien documentado en seguridad vial. Por ejemplo, se divulgó la instalación de semáforos para aumentar a posteriori daños a la propiedad y otros choques. Si bien no es crítico en el contexto del sistema de seguridad, un incremento en el número total de incidentes aumentaría las demoras por congestión. Las técnicas de diseño detallado y refinamientos de la práctica deben desarrollarse en los ensayos para informar, advertir y orientar a los conductores que se acercan de fuertes reducciones de velocidad adelante.

4 COMPARACIÓN DE ROTONDAS Y SEMÁFOROS

Para justificar una rotonda, tres preguntas generales deben contestarse como la forma más adecuada de control en cualquier intersección:

- ¿Puede una rotonda obtener mejores resultados que otros modos alternativos de control?. ¿Se logra reducir la demora, mejorar la seguridad o resolver algún otro problema de funcionamiento?
- ¿Hay factores presentes para sugerir que una rotonda sería un control más apropiado, aunque los retrasos sean un poco más altos?
- ¿Si existieran factores contraindicados, pueden resolverse satisfactoriamente?

Si estas preguntas pueden responderse favorablemente, entonces una rotonda debe considerarse como una lógica opción de intersección.

Las intersecciones controladas por rotondas pueden servir al tránsito con menores demoras y mayor eficiencia que los semáforos. Esto es particularmente cierto cuando los volúmenes de tránsito que entran en la rotonda son prácticamente equilibrados en todos los ramales y en los que hay un alto número de vehículos que giran a la izquierda.

Semáforos. Los semáforos causan demoras innecesarias por muchas razones:

- La necesidad de dar un tiempo de verde mínimo para cada movimiento en cada ciclo genera intervalos de tiempo en los que no hay vehículos entrando en la intersección.
- La necesidad de prever el más crítico de dos o más movimientos en forma simultánea resulta en un uso ineficaz del tiempo verde por movimientos no críticos.
- El "tiempo perdido" asociado con el inicio y la terminación de una fase verde resta quita más tiempo disponible para el tránsito en movimiento.
- Los giros-izquierda desde los carriles compartidos impiden innecesariamente otros movimientos en los carriles compartidos, lo cual resulta en una utilización muy ineficiente del espacio de calzada disponible.
- Los giros-izquierda pesados, incluso desde carriles exclusivos, requieren fases que quitan tiempo disponible para los movimientos del tránsito principal, y aumentan el tiempo total perdido debido al principio y final de los movimientos del tránsito.
- Los semáforos son dispositivos mecánicos que requieren mantenimiento y cada tanto se descomponen. También dependen de la energía eléctrica y no dan ningún tipo de control durante fallas de energía.
- Muchas violaciones de semáforos ocurren a altas velocidades, de modo que a menudo la gravedad de los choques es alta.
- Los giros izquierdos y derechos permitidos en rojo introducen conflictos adicionales.

Control-Pare-Dos-Sentidos (CPDS). CPDS, tiene capacidad para bajos volúmenes de tránsito con mucho menos retardo de los semáforos, pero este modo de control favorece los movimientos de la calle principal a expensas del movimiento de la calle menor. Cuando los grandes volúmenes de tránsito de la calle son pesados (típicamente 1400 vph o más) hay poca o ninguna oportunidad de acceso a la calle transversal. Esto coloca un límite definido en la aplicación de CPDS. Incluso cuando no se exceda la capacidad CPDS, a menudo hay presión pública para instalar las señales en las intersecciones CPDS.

Control Pare-Todos los Sentidos (CPTS). CPTS trata los movimientos de cruce de calles más favorable, sin la pérdida de tiempo asociada con los semáforos. Sin embargo, la velocidad a la que los vehículos pueden entrar en una intersección (es decir, avance) bajo CPTS es relativamente baja y, por lo tanto, la capacidad total de la intersección es algo limitada.

Rotondas. Una rotonda supera todos estos inconvenientes. No hay asignación secuencial de derecho de paso y por lo tanto ninguna pérdida de tiempo. Los giros a la izquierda no están subordinados al tránsito directo. Los vehículos entran bajo el control de CEDA EL PASO en lugar de control de PARE y por lo tanto tienen intervalos entre bajas y altas capacidades. No hay componentes eléctricos que generen un mal funcionamiento.

Por otra parte, las rotondas tienen sus propias limitaciones:

Los claros (*headways*) de entrada en estado de equilibrio son más cortos en las semáforos, debido a la asignación positiva de derecho de paso.

Mediante el uso de los tiempos de ciclo largos para minimizar los efectos del tiempo de inicio perdido, es posible en la mayoría de las condiciones logren mayores capacidades de aproximación.

Para aplicaciones de muy bajo volumen, CPDS y CPTS son más fáciles y menos costosas de aplicar.

Dado que el funcionamiento rotonda no es periódico, no es posible coordinar el funcionamiento de rotondas en una ruta arterial para dar una progresión suave de los flujos arteriales.

Cada vehículo que entra en una rotonda debe ceder el paso a todo el tránsito que ya entró, pero así experimenta menos choques que un semáforo comparable o sin control.

Las rotondas imponen una nueva forma de control de tránsito no familiar para los automovilistas en los EUA, pero la experiencia encontró que los conductores aprenden rápidamente cómo conducir en una rotonda.

Las rotondas no son la solución a todos los problemas de tránsito en todos los lugares. Se requiere un estudio cuidadoso para identificar el método de control más adecuado en cualquier lugar dado. Los estudios necesarios para justificar la instalación de control de semáforos y control PARE de todos los sentidos (CPTS) se basan en las garantías y requisitos establecidos en MUTCD. Una rotonda moderna debe considerarse como un control de tránsito opcional a los semáforos y control de señal PARE.

Justificaciones de las rotondas. Antes de decidir sobre un semáforo, se deben considerar otros tipos de dispositivos de control de tránsito. Muchos de estos dispositivos tendrán beneficios en términos de operaciones, ya que ofrecen movimientos de los vehículos menos restrictivos a través de la intersección. Al mismo tiempo, cada uno de ellos también ofrece algunos beneficios de seguridad respecto de una intersección semaforizada. El documento 1998 de Texas DOT "justificaciones de semáforos", afirma que el objetivo de una revisión de una intersección es "utilizar la forma menos restrictiva de control de tránsito, que produce vehículos seguros y eficientes y el funcionamiento de los peatones.

Las autoridades de Australia occidental consideran un semáforo como su "última alternativa" al considerar mejoramientos en una intersección. Entre los diferentes tipos de dispositivos de control " menos restrictivas al tránsito, las rotondas fueron propuestas por un número cada vez mayor de autoridades municipales y estatales. Las rotondas ofrecen muchos beneficios de seguridad significativas sobre las intersecciones semaforizadas y tienen la misma capacidad para manejar un volumen significativo de tránsito (hasta 7000 vehículos/hora - 60.000 vpd). Las rotondas tienen menos puntos de conflicto que una intersección semaforizada y tienen choques menos graves, porque no hay movimientos opuestos. En particular, las rotondas pueden ser consideradas como una opción a una intersección semaforizada cuando hay un alto número de choques en ángulo recto, frontales, de giro-izquierda, directos, o intersecciones o intersecciones con una relación de gravedad inusualmente alta de choques y giros-U.

Las siguientes jurisdicciones recomendaron formalmente rotondas como un dispositivo de control de tránsito alternativo a una intersección semaforizada, dado que las mismas investigaciones operacionales y de seguridad lo demuestran:

La FHWA (2007) produjo una caja de herramientas de las contramedidas de seguridad para intersecciones y su potencial efectividad. Ellas sugieren los siguientes factores de reducción

de choque (CRF) de todos los choques, cuando una intersección se convierte en una rotonda en función del control previo anterior:

- CRF de 18-72 cuando se convierte en una rotonda de control de PARE de 2 vías
- CRF de 3 cuando se convierte a una rotonda desde el control de la parada de 4 vías
- CRF de 1 a 67 cuando se convierte a una rotonda partir de una señal.

Se encontró que los siguientes CRF de choques mortales y lesiones al convertir a una rotonda

- CRF de 72-87 cuando se convierte a una rotonda de control de PARE de 2 sentidos
- CRF de 28 cuando se convierte a rotonda desde el control de PARE de 4 sentidos
- CRF de 60 a 78 cuando se convierte en una rotonda
- CMF (ROUNABOUTS VS SIGNAL)= 0.79 = DISMINUCION DE UN 21% DE CHOQUES MEDIDO EN 28 ROTONDAS EN LA DECADA 2000-2010

<http://www.cmfclearinghouse.org/cmfpdf.cfm?facid=4184>



CMF / CRF Details

CMF ID: 4184

Convert signalized intersection to modern roundabout

Description:

Prior Condition: Signalized intersection

Category: Intersection geometry

Study: [Safety Effectiveness of Converting Signalized Intersections to Roundabouts, Gross et al., 2012](#)

Star Quality Rating:	★★★★☆ [View score details]
----------------------	----------------------------

Crash Modification Factor (CMF)	
Value:	0.79
Adjusted Standard Error:	
Unadjusted Standard Error:	0.05

Crash Reduction Factor (CRF)

5 ROTONDAS Y SEGURIDAD

Rendimiento de Seguridad de las rotondas. Los beneficios de seguridad de las rotondas se deben a la reducción de la velocidad y ángulo de trayectoria de los vehículos, que conducen a una reducción de la frecuencia y gravedad de choques y vuelcos.

El éxito de las rotondas puede variar en función del tamaño de la isleta central, la velocidad del tránsito que se acerca y el tipo de intersección, número de carriles, movimiento de vehículos a través de la intersección y administración de la energía de choque en la intersección. Mientras que las rotondas demostraron ser un tratamiento de intersección exitoso, hay espacio para mejoramientos en términos de los resultados de seguridad, particularmente en relación con la administración de los niveles más altos de tránsito

Las rotondas mejoran la seguridad por la reducción de la gravedad del impacto: la entrada y difusión de velocidades son moderadas por deflexiones horizontales, y los ángulos de impacto en los choques de direcciones adyacentes son más bajos que en otras formas de intersección ($< 70^\circ$). La expectativa de que los conductores que entran pueden tener que parar para CEDAR PASO a los vehículos en la rotonda también contribuye a bajar las velocidades, y a un mayor estado de alerta del conductor.

Para controlar el flujo de tránsito, las rotondas modernas se basan en la aceptación-declaros, un método propenso a tasas de error significativas del conductor. Esta deficiencia de seguridad es moderada por el área limitada del triángulo visual desde el que los conductores que se acercan toman claves sobre potenciales conflictivos de tránsito. Cuando se comprometa esta variable, y los triángulos visuales sean grandes áreas con múltiples vehículos en movimiento, entonces el desempeño de seguridad de las rotondas se deteriora. Esta es quizás un factor que contribuye a las grandes rotondas de varios carriles que tienen niveles más bajos de seguridad en comparación con pequeñas rotondas.

La investigación mostró el gran potencial de reducción de choques de las rotondas en sustitución de las intersecciones de prioridad de paso:

- 63-100% de los choques mortales
- 37-84% de los choques graves
- 45-87% de choques con heridos.

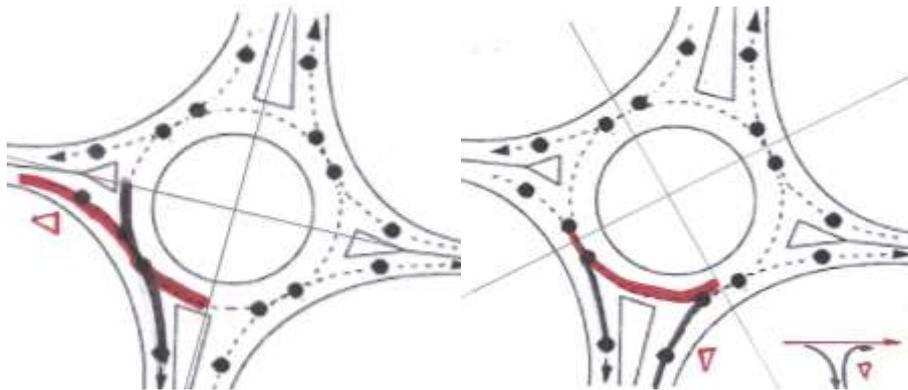
Se observó una mayor reducción de 60-78% de choques fortuitos al convertir un cruce semaforizado en una rotonda. Las rotondas también dieron fuertes reducciones en los choques de peatones (hasta el 90% en comparación con el control de prioridad) basado en estudios limitados. El análisis de datos urbanos suele mostrar que el índice de choques graves por vehículo al entrar en una rotonda era la mitad de el de un cruce semaforizado. Este es un contexto importante para la discusión de los temas de seguridad restantes.

En promedio, 30% de los choques con heridos registrados en rotondas urbanas resulta en muerte o lesiones graves. Si bien esto es algo comparable con intersecciones semaforizadas urbanas, el índice de choques graves por entrar el vehículo en las rotondas urbanas fue sólo la mitad del de las intersecciones semaforizadas urbanas.

Los análisis muestran que los choques con víctimas de dirección adyacente o giros opuestos en las rotondas fueron menos graves que en choques por despistes.

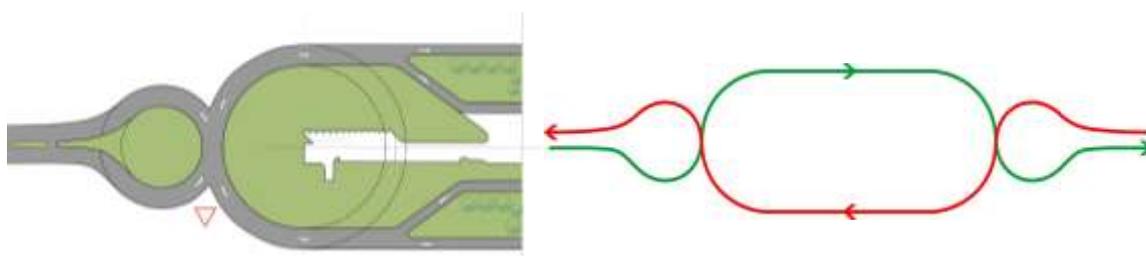
El diseño y uso de las rotondas de un solo carril difieren sustancialmente de las rotondas multicarriles. La seguridad de operación varía según los distintos tipos de rotondas.

a) En las rotondas de un carril no se producen entrecruzamientos y operan como una sucesión de vía-colectora-distribuidora (convergencia-seguimiento-divergencia) en fila india en cada cuadrante, o una sucesión de salidas y entradas de giro-derecha por los sectores diagonales (seguimiento-divergencia-convergencia-seguimiento)



Se mejora la seguridad por menor número y gravedad de los choques. Un estudio de los efectos de las rotondas de un solo carril en Maryland encontró una reducción del 68% en la tasa total de choques, del 100% en choques mortales, 86% en choques con lesionados, y 41% con solo daños a la propiedad.

La revisión de la limitada investigación disponible sugiere que las rotondas de un solo carril son muy eficientes al eliminar choques mortales, y reducir significativamente por 79-88% los choques con lesiones en aplicaciones rurales y urbanas, comparadas con las instalaciones sin semáforos. Un cuadrante de rotonda de un carril como vía C-D es un medio seguro para intercambiar sentidos en una chicana de cruce doble a nivel, CHN-CD (ver 20192-TRA)



b) En las rotondas multicarriles, los estudios compararon los efectos de los semáforos y rotondas de varios carriles. Las rotondas bien diseñadas mostraron choques y lesiones menores en comparación con intersecciones con semáforos. No hubo diferencias claras en los choques de peatones en las rotondas de varios carriles y semáforos.

Efectos de Seguridad por Tipo de Usuario Vial. En los últimos años hubo un creciente volumen de estudios sobre los efectos de las rotondas sobre la seguridad de los usuarios vulnerables, sobre todo peatones y ciclistas. Hay un fuerte acuerdo entre los investigadores que la probabilidad de un conflicto bicicleta-vehículo depende del diseño de la rotonda.

Rotondas con semáforos. Tracz y Chodúr evaluaron el desempeño de las rotondas con semáforos en los caminos arteriales urbanos en Polonia. Evaluaron 11 rotondas con semá-

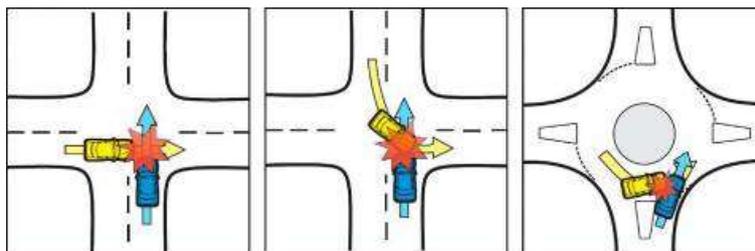
foros, algunas identificadas como de alto riesgo. Encontraron una reducción en los choques, independientemente de los incrementos en los volúmenes de tránsito, y reducciones en el número de personas lesionadas.

Comparaciones de los tipos rotondas. En los EUA, Gross y otros estudiaron 28 intersecciones semaforizadas, antes y después de convertidas en rotondas. Utilizaron el método empírico de Bayes para estimar los efectos sobre la seguridad de las conversiones. El estudio encontró reducciones generales en el total de choques, con reducciones mayores para los choques con lesiones. No hubo diferencias significativas entre las rotondas de un solo carril o multicarriles.

Un estudio realizado en Suecia analizó el efecto de diferentes diseños de rotonda. Los datos mostraron más choques relacionados con bicicletas en las rotondas de varios carriles en comparación con las rotondas de un solo carril.

Cuantificación de la seguridad de rotondas. Las rotondas mejoran la seguridad de intersección mediante la eliminación o alteración de los tipos de conflictos, lo que reduce la gravedad del choque, y la desaceleración de velocidades de los vehículos. Muchos estudios apoyaron los beneficios de seguridad en rotondas y cómo cuantificar estos beneficios. Ser capaz de cuantificar los beneficios de seguridad de una rotonda ayuda a seleccionar un tratamiento adecuado de intersección y ganar el apoyo público a una rotonda. Las principales razones de los beneficios de seguridad de las rotondas son:

- menor número de puntos de conflicto vehicular y menos posibilidad de conflictos de alta gravedad, como en ángulo recto, giro a la izquierda, y los choques frontales. La forma de la rotonda elimina los más graves conflictos de cruce.
- bajan las velocidades de los vehículos, lo que da a los conductores más tiempo para reaccionar a los conflictos potenciales y reduce la gravedad de choque.
- generalmente reducen la diferencia de velocidad entre los vehículos que viajan a través de la intersección, lo que reduce la gravedad del choque.



Tipos de Choques en Intersecciones, con aproximaciones de un solo carril.

En una rotonda, los peatones sólo tienen que cruzar un sentido de la circulación a la vez, y lidiar con los vehículos de movimiento más lento. Sin embargo, las rotondas de varios carriles presentan desafíos para los peatones con discapacidad visual, incluyendo la localización del cruce de peatones y la detección de un claro en el tránsito.

Estimación del ahorro que suponen los beneficios de seguridad. Los beneficios de seguridad asociados con una rotonda se pueden traducir en ahorros de costos para evaluar mejor el costo de convertir una intersección a una rotonda o la construcción de una nueva rotonda. Los beneficios de seguridad son ahorros para el público debido a la reducción de los choques asociados con la instalación de una rotonda. Una vez calculada la reducción

prevista, la frecuencia de choques, número total estimado de choques impedidos de cada gravedad se pueden calcular los beneficios para cada año o durante la vida útil del proyecto. El beneficio de seguridad se puede calcular multiplicando la esperada reducción en el número de cada tipo de choque por el costo promedio de cada choque.

Recomendaciones de seguridad adicionales. Las recomendaciones adicionales para mejorar el rendimiento de seguridad de una rotonda incluyen:

- Diseño apropiado de entrada, circulación, y velocidades de salida.
- Dar parada adecuada y distancia visual de intersección.
- Considerar las necesidades potenciales de peatones y ciclistas en la rotonda, tal como el suministro de suficiente anchura en las isletas partidoras para el cruce de peatones en dos etapas.

6 ROTONDAS Y ADMINISTRACIÓN DE ACCESO

Administración de acceso y rotondas. En general la administración de acceso, AA, a lo largo de corredores nuevos es más fácil de controlar que en los corredores existentes con entradas de vehículos y negocios establecidos. Las oportunidades para revisar el control de acceso también pueden ser posibles como propiedades por desarrollar. Los beneficios de la AA incluyen el mejoramiento de la seguridad, reducción de congestión y demoras, mejoramiento de la capacidad, uso más eficiente de la tierra e inversiones en infraestructura minimizadas.

La integración de las rotondas en un corredor existente requiere considerar cómo afectará el acceso a los negocios. Con el rápido cambio del uso del suelo, es fundamental que los diseños de los caminos y sus intersecciones soporten volúmenes de tránsito existente y futuro.

Las rotondas pueden jugar un papel en la eficacia del control de acceso. La construcción de rotondas a lo largo de locales, colectoras y uniones arteriales menores permite a los organismos viales obtener corredores seguros y eficientes.

Varias estrategias de administración de accesos que complementan el diseño rotonda son:

- Medianas elevadas continuas
- Movimientos de giro restringidos
- Movimientos de giro-derecha
- Uso de giros-U

Cuando se les prohíbe a los conductores girar a la izquierda en un negocio, se ven obligados a pasar a su destino y hacer un cambio de sentido. Una rotonda facilita un cambio de sentido seguro que puede dar oportunidad para administrar el acceso a los negocios, el cual puede analizarse de dos maneras: el acceso a la rotonda y cerca de la rotonda. A menudo, se desalientan las calzadas con acceso directo a una rotonda. Sin embargo, si no hay otro punto de acceso razonable a la propiedad, la entrada debe ser diseñada como una etapa de la rotonda. Esto asegura que se dé la deflexión apropiada y desaliente el respaldo en la calzada circulatoria.

Se espera que las rotondas reduzcan demoras y colas en las intersecciones aisladas, y que no afecten las operaciones de tránsito en las intersecciones adyacentes o rutas paralelas.

El uso de una serie de rotondas también puede tener repercusiones en todo el flujo del sistema. El impacto es específico de los volúmenes de tránsito, el espaciado de las intersecciones y tipos de vehículos.

A nivel de todo el sistema, siempre es importante identificar los corredores cuellos de botella en la red. Algunos conductores se salen de su ruta para evitar esos corredores y presionan hacia rutas paralelas, algunas de las cuales pueden estar en un nivel de funcionamiento más bajo, y otras pueden estar en un nivel funcional superior.

Parece que la mayoría de los conductores están interesados en ir del punto A al punto B en el menor tiempo con mínima cantidad de tiempo de inactividad. Las rotondas permiten a los conductores mantener el movimiento, lo cual mejora la circulación general del sistema.

Usuarios no motorizados. La capacidad de los peatones para cruzar con seguridad una rotonda es a menudo una preocupación cuando se propone una nueva rotonda. En las rotondas el derecho de paso no está asignado a los peatones. Los conductores también pueden no estar familiarizados con rotondas y como resultado no prestar atención a los peatones. El cruce puede ser difícil para peatones ciegos o discapacitados.

Demoras en la disponibilidad de Vía Principal y Claro en la Ruta Menor. Las guías de rotondas existentes advierten contra la construcción de rotondas en las intersecciones con los flujos de tránsito desequilibrados; sin embargo, existen rotondas en estos lugares en los EUA. El concepto de flujos-desequilibrados cubre una amplia gama de combinaciones de volumen. Los flujos pueden ser desequilibrados entre las rutas principales y secundarias o pueden ser desequilibradas entre todas las aproximaciones. Las preocupaciones en relación con rotondas en las intersecciones con las corrientes desequilibradas se derivan de la posibilidad de una demora adicional en la aproximación principal.

Las características de tránsito en las intersecciones individuales dictarán si una rotonda funcionará eficazmente en una intersección con los flujos desequilibrados. El volumen de tránsito de giro-izquierda especialmente, en la intersección tendrá impacto sustancial en las operaciones. La geometría de la rotonda, a saber, número de carriles de la calzada circulatoria, juega un papel crítico en la evaluación del éxito o fracaso de una rotonda con flujos desequilibrados.

Las intersecciones donde una aproximación tiene un número significativo de tránsito de giro-izquierda pueden beneficiarse por una rotonda. Debido a las bajas velocidades en la rotonda, los vehículos en las dos aproximaciones de menor importancia son fácilmente capaces de encontrar claros y entrar en el carril de circulación con el mayor tránsito de la ruta.

7 PAISAJISMO

El uso de paisajismo en una rotonda es una de las características distintivas que dan a las rotondas una ventaja estética sobre las intersecciones tradicionales. El tipo y la cantidad de plantaciones de jardinería u otro material incorporado en el diseño de rotondas pueden depender de la

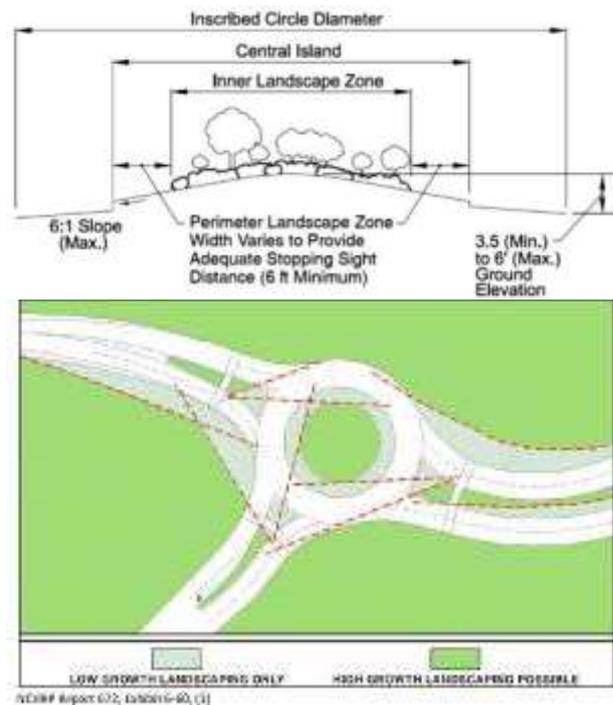


ubicación del sitio y el nivel de atención disponible para su mantenimiento.

Isleta central. El paisajismo dentro de la isleta central da la seguridad y mejoramientos estéticos de la intersección. La parte interior de la isleta central puede ser plantada con árboles, arbustos y otros artículos grandes. Estas plantaciones ayudan a que la isleta central sea más visible mediante la creación de una vista terminal en la que la línea de visión directa a través de la rotonda está parcialmente oscurecida. Esto indica claramente al conductor que no pueden pasar directamente a través de la intersección y ayuda a hacer que la isleta central más visible por la noche, cuando las luces de un vehículo iluminan el paisaje.

Paisaje de la isleta central visible desde la aproximación a la rotonda. En la isleta central hay dos zonas de paisaje potenciales: la zona perimetral del paisaje y la zona de paisaje interior. La distancia visual dicta los tipos de jardinería recomendadas en una rotonda. El perímetro de la isleta central debe ser ajardinado con arbustos bajos, hierba, o cubierta vegetal manteniendo los requisitos de distancia visual, para los vehículos de la calzada circulatoria. Esta anchura puede variar con el tamaño de la rotonda. El paisajismo en la isleta central debe desalentar el tránsito peatonal hacia y a través de ella. Como tal, el diseño de la isleta central debe evitar el uso de mobiliario urbano tales como bancos o monumentos con textos pequeños. Puede usarse un tampón entre la vereda y la calzada circulatoria para dar los límites críticos de hallar sendas para peatones con discapacidad visual y ayudar a prevenir a los peatones del error de cruzar a la isleta central.

Isleta central. Como un elemento de jardinería en la isleta central, el arte puede dar beneficios estéticos y de seguridad. Para complementar los arbustos, los objetos grandes, tales como estatuas, fuentes, monumentos y otras obras de arte a menudo pueden ser características deseables. En algunas áreas, el arte en la isleta central puede ayudar a definir la comunidad o reconocer a un artista local. El arte debe estar ubicado fuera de los triángulos visuales y en las zonas con pocas probabilidades de ser golpeado por los vehículos errantes.



Isleta partidora y ajardinamiento de la aproximación. En el diseño del paisajismo en las isletas divisorias a lo largo de los bordes exteriores de la aproximación, se debe tener cuidado para evitar obstruir la distancia de visibilidad, dado que las isletas divisorias son generalmente ubicadas dentro de los triángulos visuales críticos. El paisajismo debe evitar oscurecer la forma básica de la rotonda, o su diseño a un conductor que se aproxima. El paisajismo en cada lado de los accesos puede ayudar a crear un efecto de embudo y así causar una reducción en la velocidad de los vehículos que se aproximan a la rotonda.



El paisajismo en los bordes exteriores de las aproximaciones y en los radios de las esquinas de las aceras ayuda a canalizar a los peatones a las zonas de paso y desalentar a los peatones a que crucen la isleta central. El Paisajismo u otros tratamientos detectables entre la acera y la calzada circulatoria dan orientación clave a los peatones con discapacidad visual.

En muchas rotondas suele usarse hierba a lo largo del borde exterior de la calzada y dentro de los radios de esquina entre ramales adyacentes de la rotonda. Aunque pueden usarse otras especies de plantas, normalmente la hierba se mezcla bien con los paisajes urbanos y requiere poco o ningún riego. El principal requisito de mantenimiento de la plantación de césped es el corte. En tales casos, las variedades enanas como "hierba de búfalo" pueden tener una ventaja con su altura más corto y mantenimiento menos frecuente.

Tratamiento de Portal. La mayoría de las rotondas abordan una capacidad o problema de seguridad, pero también se pueden utilizar como parte de proyectos de mejora de la comunidad. Muchas comunidades reconocieron este beneficio y están utilizando rotondas ajardinadas, no sólo para mejorar el rendimiento de intersección, pero también para dar una "puerta de entrada" en su comunidad. Este tipo de proyectos a menudo se encuentran en los distritos comerciales y cívicos como tratamiento de "puerta de enlace" para transmitir un cambio de ambiente y fomentar al tránsito a reducir la velocidad. Las rotondas propuestas como tratamientos de "puerta de enlace" a menudo requieren un análisis menos riguroso como un dispositivo de control de tránsito. Cuando se estudia un área donde se propone una rotonda como tratamiento de puerta de enlace, o para los beneficios estéticos, el enfoque debe ser demostrar que la rotonda no introduciría problemas de tránsito que aún no existan.

Debe prestarse particular atención a las complicaciones que pudieran inducir problemas operativos o de seguridad. Los objetos fijos (árboles, postes, muros, estatuas) pueden inducir problemas de seguridad para los vehículos errantes. El uso de objetos fijos debe reducirse al mínimo y, si se usan, "preferentemente se colocan donde la geometría de la rotonda desvía a los vehículos lejos del objeto".



8 CONCLUSIONES

- Las rotondas en serie pueden tener éxito en una variedad de contextos, aunque el éxito se puede medir en una variedad de maneras, incluyendo el mejoramiento de la seguridad, mejoramiento en las operaciones, el mejoramiento en el acceso de peatones y ciclistas, y aceptación de la comunidad. Una evaluación caso por caso, es el método preferido para evaluar el desempeño de los corredores.

Se da así un marco para comparar configuraciones de corredores alternativos e informar objetivamente las decisiones del proyecto. Se incluyen los siguientes elementos:

- Información sobre los diferentes usuarios de arterias, incluyendo turismos, autobuses, peatones, bicicletas, camiones, y vehículos de emergencia.
- Una visión general del proceso de planificación del proyecto desde la perspectiva de un profesional que evalúa las opciones para la reconstrucción de un corredor existente o construir un nuevo camino en la alineación existente.
- Las medidas típicas de rendimiento, técnicas de evaluación de las medidas de desempeño y los métodos para la selección y priorización de medidas de desempeño. Las medidas de desempeño se agrupan en las categorías generales de calidad de servicio, seguridad, medio ambiente, costos, valores de la comunidad, entre otros.
- Los vehículos que salen de una intersección semaforizada tienden a agruparse en pelotones, que se dispersan a medida que se mueven aguas abajo. La distribución del tránsito de entrada y el rendimiento de una rotonda se ven afectados por su proximidad a intersecciones semaforizadas. Si una intersección semaforizada está muy cerca de una rotonda, los vehículos llegan a la rotonda en pelotones, muy próximos entre sí. El volumen del pelotón que llega y la capacidad de la rotonda dictarán la capacidad de la rotonda para procesar el pelotón. Estas situaciones deben analizarse cuidadosamente para obtener un diseño adecuado para la situación.
- Cuando los semáforos están bien coordinados dan claros en las intersecciones cercanas a mitad de cuadra para acceder a la línea principal.
- Si una rotonda se usa en una red de intersecciones semaforizadas coordinadas, entonces puede ser difícil mantener los pelotones estrechamente empaquetados. Si un pelotón apretado se acerca a una rotonda, podría seguir a través de la rotonda, siempre y cuando no haya tránsito que circula o tránsito de desde la izquierda. Sólo un vehículo que circula resultaría en la descomposición del pelotón. Por lo tanto, este uso híbrido de rotondas en una red semaforizada coordinada necesita ser evaluada cuidadosamente.
- Cuando el volumen de tránsito proyectado indica que se requiere una rotonda multicarril para las condiciones futuras, los proyectistas deben evaluar la duración de una configuración intermedia (p.e., una rotonda de un solo carril), que funcionará aceptablemente antes de requerir carriles adicionales. Cuando una rotonda de un solo carril tiene capacidad suficiente durante la mayor parte de su vida de proyecto, los proyectistas deben considerar la construcción y operación de la rotonda en una configuración de un solo carril hasta que los volúmenes de tránsito dicten la necesidad de la expansión definitiva a una rotonda de varios carriles. Al considerar una rotonda provisional de un solo carril, el diseñador debe evaluar las necesidades en materia de zona-de-camino y geométricos, tanto para el solo carril y carriles múltiples finales. Se debe tener en cuenta la futura construcción de los carriles adicionales en la calzada anular.

- **B APLICACIONES EN LA ARGENTINA**

1. Ejemplo rotatoria Avenida Márquez (RP4) x Av. Rolón – Fleming
CONDICIONES DE SEGURIDAD VIAL Y CONTRAMEDIDAS RECOMENDADAS
INFORME PRELIMINAR HASTA ANÁLISIS DATOS TRÁNSITO Y CHOQUES
ESTA INTERSECCIÓN **NO** ES UNA ROTONDA MODERNA

▲ SAN ISIDRO



▼ ACCESO NORTE

MEDIANO PLAZO

Varios km antes y después, el tránsito doble-mano de los cuatro ramales de la intersección están controlados por un sistema de semáforos coordinados con onda verde de 60 km/h. Entre Acceso Norte y San Isidro las intersecciones semaforizadas con las avenidas Blanco Encalada / Fondo Legua, Fernández / Carman, Centenario / Santa Fe disponen de fase de protección giro-izquierda con angostas bahías de espera. La intersección rotatoria con planta elipsoidal entre Av. Márquez y Av. Rolón / Fleming está controlada con señales CEDA EL PASO en las cuatro aproximaciones, cual si se pretendiera una operación similar a una rotonda moderna. Lo cual es poco menos que imposible según las experiencias internacionales, por factores tales como entradas en pelotón por proceder desde semáforos, expectativas del conductor y accesos directos a propiedad privada en los cuadrantes SE (Hipódromo) y NO (Concesionaria automotriz) y NE (Estación de Servicio, con accesos a menos de 75 m de la intersección, límite normal recomendado para mitigar conflictos). En la rotatoria **no hay pasos peatonales marcados**, ni tampoco hasta los semáforos más próximos en los cuatro ramales, distanciados entre 600 (Márquez oeste) y 230 m (Rolón x Laprida). Cruzar los ramales hasta las paradas de ómnibus de enfrente es de mucho riesgo para el peatón.

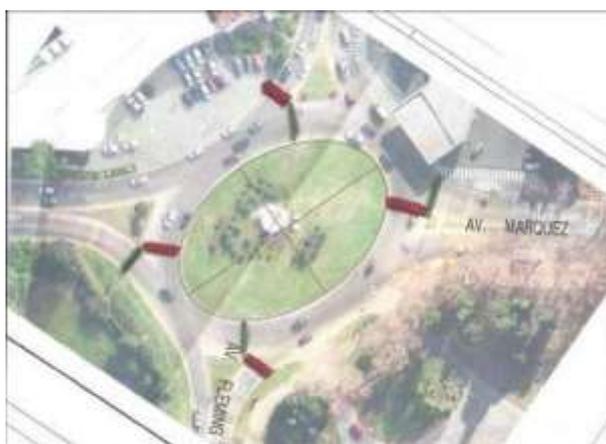
Aplicado a las rotondas modernas, el concepto de CEDER EL PASO al tránsito existente en el anillo supone entradas al azar y no en pelotón provenientes desde semáforos.

Visualmente puede verificarse que el tránsito entre Acceso Norte y San Isidro pretende y ejerce una autoadjudicada prioridad de paso, como si las avenidas transversales fueran secundarias, lo cual no es el criterio de una rotonda moderna, RM, en la cual se supone que cualquiera que fuere la categoría de la aproximación de entrada, el vehículo ingresa por los claros o brechas en el tránsito circulante prioritario en la rotonda, según la Ley 24449. En las RM no hay tránsito principal o secundario, todos tienen oportunidades semejantes de entrar. Las entradas son a baja velocidad por las curvaturas fuertes de las canalizaciones establecidas por las isletas partidoras o separadores de sentidos. Así, se reduce la velocidad y crecen la seguridad y capacidad.

Según las experiencias mundiales, la rotatoria existente no llegará a funcionar como rotonda moderna por razones de tránsito (desde semáforos) y factor humano (memoria reciente de velocidad y lejana de prioridad de las avenidas sobre las transversales). En zonas urbanas se prefieren corredores semaforizados o con series de rotondas; no la mezcla.

Por razones de movilidad, uniformidad de tratamiento con intersecciones vecinas similares (Centenario x Rocha en Acassuso) **recomiendo controlar con semáforos coordinados con el sistema existente y mantener los giros-izquierda con trayectorias de ramas indirectas tipo 'asa-de-jarro', aprovechando el anillo elipsoidal existente.** Otra opción más costosa sería atravesar el anillo con los carriles ida-vuelta centrales (2x1) de la Avenida Márquez con continuación del separador actual y banquetas en el cruce de la isleta central, y llegar a un esquema parecido al de la llamada 'Rotonda Acassuso', en la intersección de las Avenidas Centenario x Rocha. Internacionalmente hay algunas innovaciones para el giro-izquierda semaforizado que correspondería analizar y comparar, pero para ello primero habría que tomar la decisión (estratégica) de seleccionar el sistema-de-control, y contar con datos de tránsito y choques fidedignos para analizar y extraer conclusiones. Sobre la base del **control con semáforos** y aprovechamiento de gran parte de la obra existente propongo dos esquemas:

Boceto 1 - Solo semaforización, *coordinada* con velocidad de onda verde Av. Márquez



◀ ACCESO NORTE

AVENIDA MÁRQUEZ

SAN ISIDRO

Boceto 2. SemafORIZACIÓN coordinada con velocidad de onda Av. Márquez + rectificación carriles centrales directos 2x1, ida y vuelta



◀ ACCESO NORTE

AVENIDA MÁRQUEZ

SAN ISIDRO

DATOS

a. Fuentes personales

Historia del desarrollo de la intersección, hallazgo de antigua rotatoria y alcantarilla transversal al alineamiento de RP4, ex desagüe Arroyo El Gato. Promedio tres despistes nocturnos del ramal desde Acceso Norte. Propósito de obra en marcha: reservorio + paisajismo + drenaje con aprovechamiento alcantarilla tapada A° El Gato. Mantenimiento control CEDA EL PASO + Control policial de velocidad de operación nocturna en aproximación ramal desde Acceso Norte.

SITUACIONES EN FUNCIÓN A LAS IMÁGENES:

2. Es válido, según la densidad que se percibe, que las puertas de acceso a la rotatoria posean dos carriles.
3. Es conflictivo el perímetro externo de la rotatoria, por la falta de control de los accesos a los nuevos emprendimientos privados, situación que se debería sanear.
4. Escasa iluminación, en función a que sólo existen cuatro luminarias que están orientadas hacia la calzada perimetral y no se verifica que estén bien iluminados los ámbitos de potenciales cruces. La circunstancia de que no estén bien controlados los bordes externos, impone dificultades de incorporar columnas intermedias, salvo que se canalicen convenientemente las circulaciones.
5. No existe señalamiento vertical de "Ceda el paso", ni la correspondiente demarcación horizontal que lo complementa.
6. No están demarcadas las líneas discontinuas separadoras de carriles, ni en las Avenidas ni en la calzada de la intersección. Tampoco existen líneas auxiliares demarcatorias discontinuas reducidas de ingresos y egreso.
7. No está completo el circuito destinado al tránsito vulnerable (ciclistas y peatones), los cuales pueden circular segregadas por la zona de vereda, si estuvieran ambas convenientemente demarcadas y limitadas.
8. El borde externo de la calzada rotacional, no posee demarcación alguna, que oriente convenientemente hacia las salidas y prolongue la tangencia de los ingresos.

9. No existen elementos que generen fricción al ingresar, a los efectos de obligar a reducir las velocidades.
10. Los delineadores instalados sobre la rotatoria encespada, fueron deteriorados cuando estaban enfrentados con los accesos, lo que denota que algunos vehículos superaron los cordones perimetrales.

BOCETO DE ESQUEMA PROPUESTO PARA CONVERTIR ROTATORIA MÁRQUEZ X FLEMING EN ROTONDA

Si la decisión fuera convertir la rotatoria existente en rotonda moderna, la primera modificación a realizar sería cambiar la forma elipsoidal de la isleta central (radio variable entre 12.5 y 50 m) por un círculo inscripto ($R=20$ m). Como primer boceto borrador a mano levantada propongo el siguiente, que podría **afectar la excavación en marcha para el reservorio**, cuyo relevamiento habría que sobreponer.



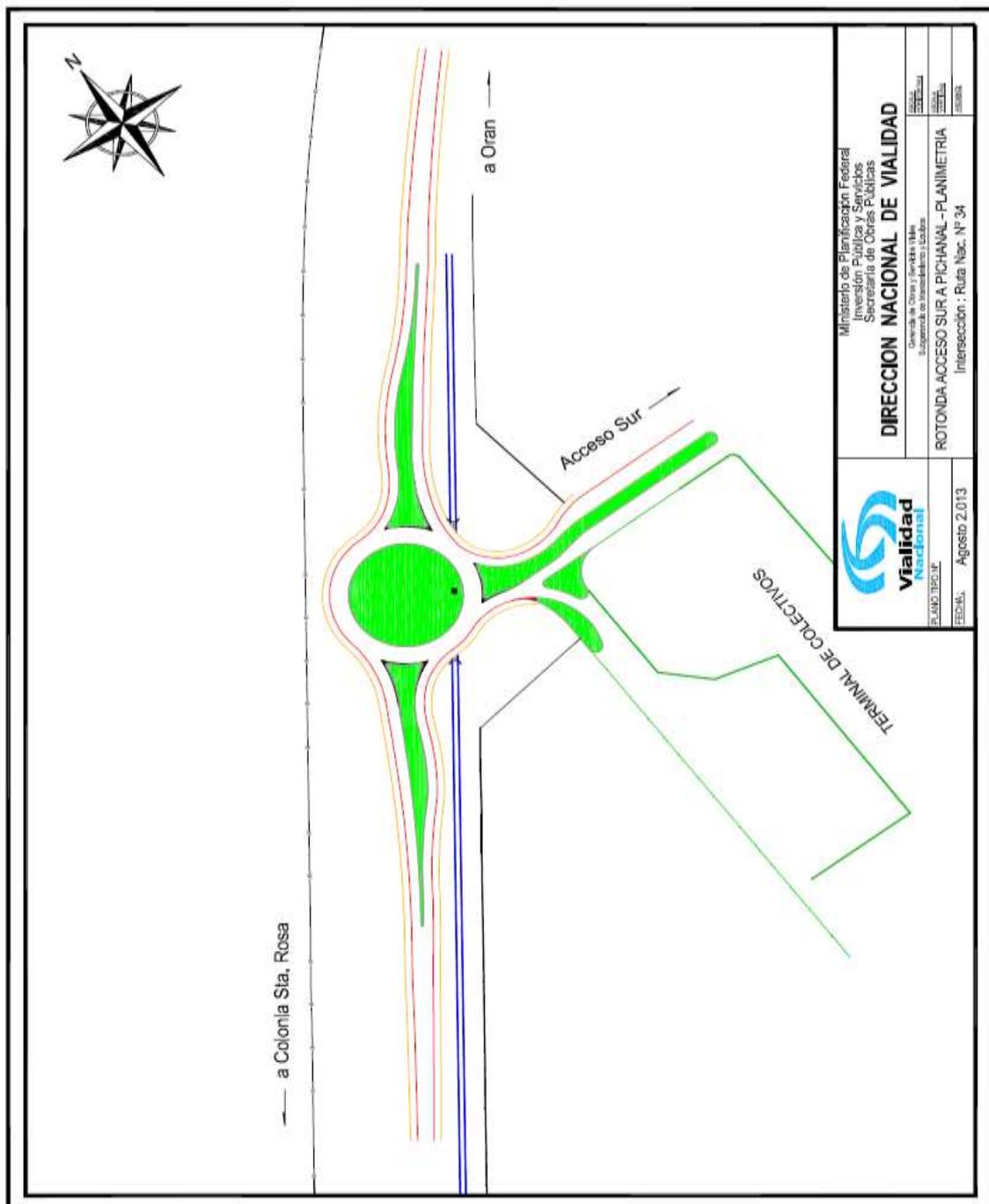
◀ ACCESO NORTE

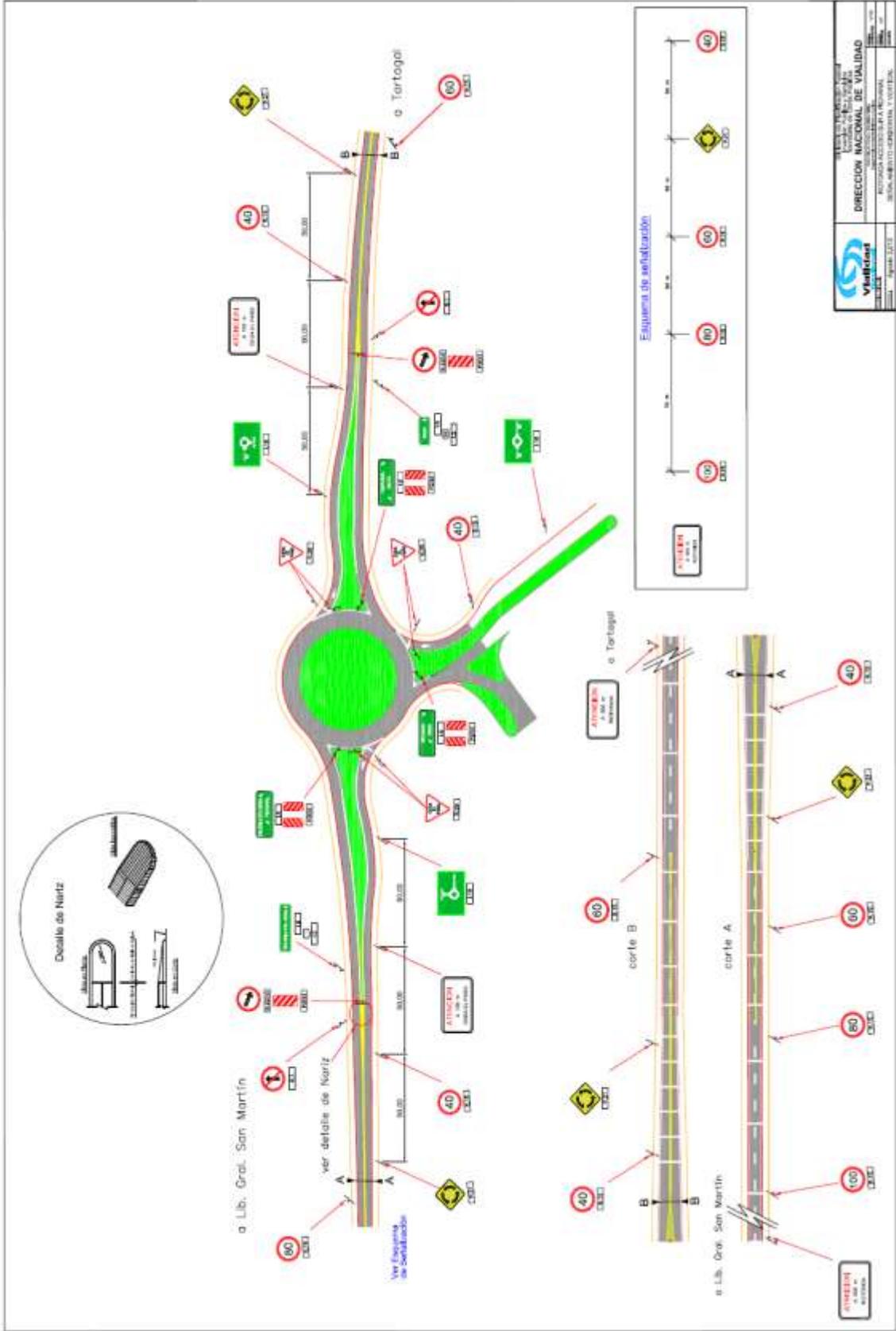
AVENIDA MÁRQUEZ

SAN ISIDRO ▶

**2. ROTONDA MODERNA DE TRES RAMALES, RN 34, Km 1328.
ACCESO A TERMINAL DE OMNIBUS DE PICHANAL Y ACCESO SUR DE PICHANAL**

- Aprovechamiento zona-de-camino existente, sin expropiación.
- Un solo carril, urbana, diámetro = 58 m, tres ramales para servicio de la terminal de ómnibus y acceso sur de Pichanal.
- Chicanas de desaceleración según la A10, con iluminación nocturna.
- Construida y habilitada, funciona (julio 2016) sin ningún problema a pesar de encontrarse en un corredor de velocidad de operación alta.





9845 palabras