

**ESTUDIO DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS  
INTERSECCIONES A NIVEL SEGÚN LA AASHTO**

**EMILIO JOSÉ OCHOA PINEDA**

**TRABAJO FINAL PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE ESPECIALISTA EN VÍAS Y TRANSPORTE**

**DIRECTOR**

**JOHN JAIRO POSADA HENAO**

**I.C. – ESPECIALISTA EN VÍAS Y TRANSPORTE**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

**SEDE MEDELLÍN**

**FACULTAD DE MINAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**2009**

## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	ii
LISTA DE FIGURAS .....	ii
RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	1
1. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE INTERSECCIONES A NIVEL.....	2
2. ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DE LA AASHTO .....	7
2.1. VENTAJAS .....	8
2.2. PROBLEMAS .....	9
3. ESTUDIO DE UNA INTERSECCIÓN EXISTENTE .....	10
3.1. INTRODUCCIÓN.....	10
3.2. LOCALIZACIÓN .....	10
3.3. SITUACIÓN ANTERIOR.....	12
3.4. SITUACIÓN DESPUÉS DE LA REMODELACIÓN .....	13
3.5. COMPARACIÓN DE LA INTERSECCIÓN ANTERIOR Y DESPUÉS DE REMODELACIÓN .....	15
3.6. ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES.....	27
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	29
5. REFERENCIAS.....	31
ANEXO 1. TRADUCCIÓN CAPÍTULO 9 DEL MANUAL DE LA AASHTO. INTERSECCIONES.	
ANEXO 2. PLANOS DE LA INTERSECCIÓN – ANTES Y DESPUÉS DE LA REMODELACIÓN.	

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de diseño de intersecciones no semaforizadas, con prioridad de pare .....	3
Tabla 2. Criterios de diseño de glorietas .....	5
Tabla 3. Comparación de características .....	16

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Islas direccionales o canalizadoras .....	2
Figura 2. Triángulo de visibilidad .....	3
Figura 3. Carril de giro a derecha .....	4
Figura 4. Carril de giro a la izquierda.....	4
Figura 5. Esquema de una glorieta convencional.....	5
Figura 6. Mapa general del Sistema Metroplus .....	10
Figura 7. Metroplus en la Calle 67. Desde Carrera 55 hasta Palos Verdes.....	11
Figura 8. Intersección Calle 67 con Carrera 55. Situación Anterior .....	12
Figura 9. Intersección Calle 67 con Carrera 55. Situación Anterior con ampliación de la Carrera 55 en la zona norte .....	13
Figura 10. Intersección Calle 67 con Carrera 55. Situación después de la remodelación .....	14
Figura 11. Esquina de la Universidad de Antioquia.....	14
Figura 12. Intersección Calle 67 con Carrera 55. Situación antes y después.....	15
Figura 13. Movimientos Vehiculares.....	21
Figura 14. Dimensiones. ....	21
Figura 15. Radio de giro en 90° .....	22
Figura 16. Carril canalizador de giro derecho.....	22
Figura 17. Giros Izquierdos Indirectos .....	23
Figura 18. Pendientes y peraltes. Situación Anterior.....	23
Figura 19. Pendientes y peraltes. Situación Después de remodelación .....	24
Figura 20. Peralte vía canalizadora .....	24
Figura 21. Isla canalizadora.....	25
Figura 22. Isla canalizadora recién comenzada la remodelación.....	25
Figura 23. Isla canalizadora remodelada.....	26
Figura 24. Triángulos de visibilidad para los giros derechos.....	26
Figura 25. Triángulo de visibilidad para intersección controlada por pare .....	26

**Palabras Claves:** Intersección a nivel, comparación, remodelación, criterios de diseño.

## RESUMEN

En Colombia, el diseño y la construcción de una intersección a nivel debe realizarse según las normas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), en el cual se indica información muy conceptual para el diseño y se presentan pocos datos específicos para que el diseñador tenga elementos suficientes de trabajo.

En Estados Unidos de Norteamérica, la reglamentación para el diseño de carreteras es suministrada por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) en el texto "A policy on geometric design of highways and streets" (Green Book), en el que para la versión del 2004, considerando las intersecciones a nivel, se presentan criterios más amplios y detallados para lograr un adecuado diseño, ya que considera los distintos tipos de vehículo y la velocidad de diseño, menciona variadas formas de realización de giros y habla de criterios específicos para los cambios en pendiente y peralte.

En este trabajo se presentan los criterios que deben ser tenidos en cuenta para el diseño de una intersección a nivel según los manuales del INVIAS y de la AASHTO, y se hace un estudio de una intersección existente y los manuales de diseño para evaluar en un caso puntual la aplicación o no del manual norteamericano, y la necesidad de mejores criterios de diseño y de construcción.

Se elige para el análisis la intersección entre la Calle 67 (Barranquilla) y la Carrera 55 (Avenida del Ferrocarril) en la ciudad de Medellín, ya que por las obras del proyecto de transporte masivo de la ciudad llamado Metroplus, la intersección será intervenida y así se puede comparar la situación de la intersección antes de la intervención y la prevista según los diseños hechos en aspectos como ángulos, anchos, islas, distancias de visibilidad, alineamientos, perfiles, peraltes y tipos de giros.

Se llega a la conclusión de que varios de los factores estudiados son acordes con las recomendaciones de la AASHTO, pero algunos no las cumplen tales como los radios en las esquinas (llamados Ochaves u Ochavas), las distancias de visibilidad y los casos de los giros indirectos.

**Key Words:** Ground-level intersections, comparison, renovation, design criteria.

## **ABSTRACT**

In Colombia, ground-level intersection design and construction must be performed complying with INVIAS (Road National Institute) standards that provide plenty of design conceptual information but not enough specific data and elements for the designer to work with.

In the United States of America, road design standards are provided by AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) under “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets” (Green Book). In its 2004 version, considering ground-level intersections, there are wider and more detailed criteria to achieve a more adequate design because it takes into consideration different types of vehicles and design speed, mentions different ways of making turns, and talks about specific criteria for slope and superelevation transitions.

This abstract details the criteria that must be taken into consideration for the design of a ground-level intersection complying with INVIAS and AASHTO standards, and an analysis is made of an existing intersection and the aforementioned design manuals to assess a punctual application, or not, of the American standards and the need of better design and construction criteria.

For the analysis, the intersection of 67<sup>th</sup> Street (Barranquilla) and 55<sup>th</sup> Avenue (Avenida del Ferrocarril) in Medellín City is chosen, due to the fact that for the city’s mass transportation project, called Metroplús, this intersection shall be intervened and, therefore, the situation of the intersection may be compared before the intervention and what is foreseen through the designs performed in aspects such as angles, widths, isles, visibility distances, alignments, profiles, superelevations, and types of curves.

A conclusion was reached that several factors analyzed comply with AASHTO standards but some of them do not, such as corner radius (called Ochaves or Ochavas), visibility distance, and indirect turn cases.

## **INTRODUCCIÓN**

La construcción de una intersección vial a nivel, o la remodelación de una existente es una labor que desde el diseño geométrico se basa en las normas indicadas por el manual colombiano para el diseño geométrico de carreteras del INVIAS publicado en 1998 (Ver Referencia 1) y que representa la más reciente documentación de parámetros a seguir sobre el diseño de una vía para Colombia.

Este manual trata, en la mayor parte de su contenido, sobre los criterios geométricos para el adecuado diseño de una carretera rural; mencionado criterios tales como velocidad de diseño, radios mínimos de curvatura, entre otros, pero al momento de mencionar las intersecciones viales no es claro en representar las condiciones para su adecuado diseño, por lo cual este se vuelve, en el mejor de los casos, como una serie de criterios basados en la experiencia del diseñador y en la adaptación de las normas para carreteras rurales, en intersecciones viales a nivel urbano.

Otro factor a tener en cuenta es el año de realización del manual colombiano. Al estar en el 2009, un manual de 1998 presenta posiblemente algunas características desactualizadas, por lo cual se puede incurrir a criterios y consideraciones obsoletas e inadecuadas que pueden generar problemas en el futuro, ya sea en la etapa de construcción o ya en la operación, obligando a un reacomodamiento y una reconstrucción de la vía considerada. De esto no están exentas las intersecciones a nivel.

Basados en estos argumentos, se hace necesario hacer una comparación inicial de los criterios utilizados para la construcción y el remodelamiento de una intersección vial a nivel, y luego comparar estos criterios, con la última norma aceptada en nuestro medio que analiza a profundidad el tema de las intersecciones a nivel. Esta norma, es del manual norteamericano para el diseño de carreteras, realizado por la American Association Of State Highway And Transportation en el 2004, su última versión. (Ver Referencia 2).

Para esto, se estudian y analizan los criterios indicados en la norma norteamericana, para así obtener argumentos y conclusiones sobre las características positivas y negativas de esta y sobre la utilización en nuestro medio de las normas de diseño geométrico indicadas en este manual.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar una verificación en una intersección existente recientemente remodelada o en proceso de remodelación, de la aplicación o no de los criterios de diseño manifestados por el manual americano de diseño de carreteras sobre las intersecciones a nivel, y concluir sobre sus beneficios y posibles soluciones para la geometría de la intersección.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener una versión en el idioma español del capítulo de intersecciones a nivel del manual norteamericano de diseño de carreteras.
- Identificar beneficios, problemas y ambigüedades de los criterios de diseño geométrico manifestados en el manual norteamericano.
- Estudiar una intersección a nivel existente para analizar su estado geométrico y verificar las posibles mejoras a realizarle.
- Determinar bajo el estudio práctico, las ventajas y desventajas que se tienen en la aplicación o no de los criterios de diseño geométrico indicados en la norma norteamericana.

## 1. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE INTERSECCIONES A NIVEL

En Colombia, el diseño geométrico de las vías rurales y urbanas para la circulación de vehículos esta regido por el manual del INVIAS (ver Referencia 1). En este manual, que se basa en las características de las carreteras de 2 carriles, en su capítulo 3.7, menciona los criterios para el diseño de las intersecciones a nivel, donde se indican los siguientes aspectos:

1. Definición básica de una intersección.
2. Se nombran características funcionales y físicas a tener en cuenta en el diseño. También se refiere a la necesidad de tener datos de tránsito, movimientos peatonales, accidentes y relación con otras intersecciones.
3. Se hace énfasis en la uniformidad y la sencillez de la intersección.
4. La norma solo indica intersecciones controladas con señal de pare.
5. Diferencia intersecciones canalizadas y no canalizadas, las define y muestra esquemas.
6. Se dan valores de diseño para el radio de giro en intersecciones no canalizadas.
7. Para las intersecciones canalizadas se indican principios básicos a respetar, donde el único dato explícito es el ángulo de la intersección, el cual debe estar entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ .
8. Se diferencia, mostrando esquemáticamente, las intersecciones canalizadas tipo T y tipo Y de tres ramales, o tipo cruz de cuatro ramales.
9. Se habla de las islas o isletas, las cuales pueden ser para canalizar, separar o por razones de seguridad.
10. Para las islas o isletas, se indican medidas para su diseño, como son:
  - a. Área: 6 a 9 metros cuadrados
  - b. Ancho (isletas alargadas): 1 metro y longitud 3,5 a 6,0 metros.
  - c. Lado mínimo (isletas triangulares): 2,4 a 3,0 metros.

Y se muestran esquemas como se aprecia en la Figura 1.

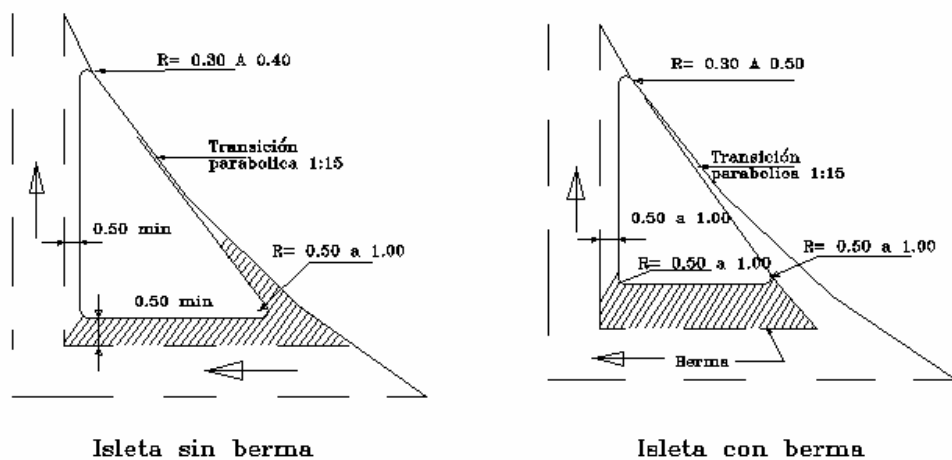


Figura 1. Islas direccionales o canalizadoras

Fuente: INVIAS

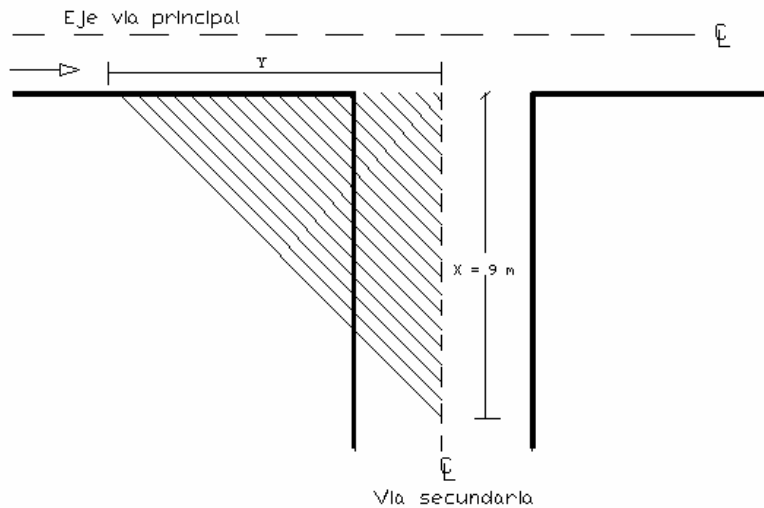
11. Se manifiestan los criterios para las distancias de visibilidad en la intersección, haciendo una relación entre la velocidad de diseño y la distancia de visibilidad de parada, y las longitudes mínimas de las curvas verticales.
12. Se utiliza una tabla general de diseño para las intersecciones no semaforizadas controladas por la señal de pare, con lo cual se indica de forma unica las medidas a utilizar para criterios como los radios de giro, la visibilidad, entre otros. (Tabla 1).

**Tabla 1. Criterios de diseño de intersecciones no semaforizadas, con prioridad de pare**

**Fuente: INVIAS**

Descripción		Unidad	Magnitud
Radio mínimo en las esquinas		m	15
Radio deseable en las esquinas		m	25
Area mínima de las islas		m <sup>2</sup>	4.5
Distancia mínima de visibilidad (figura 3.7.8)	X	m	9
	Y	m	150
Longitud carril de salida		m	Figura 3.7.9
Longitud de los carriles de giro a la izquierda	L2	m	Figura 3.7.10
	L3	m	Figura 3.7.10
Ancho carril de giro a la izquierda		m	3.5

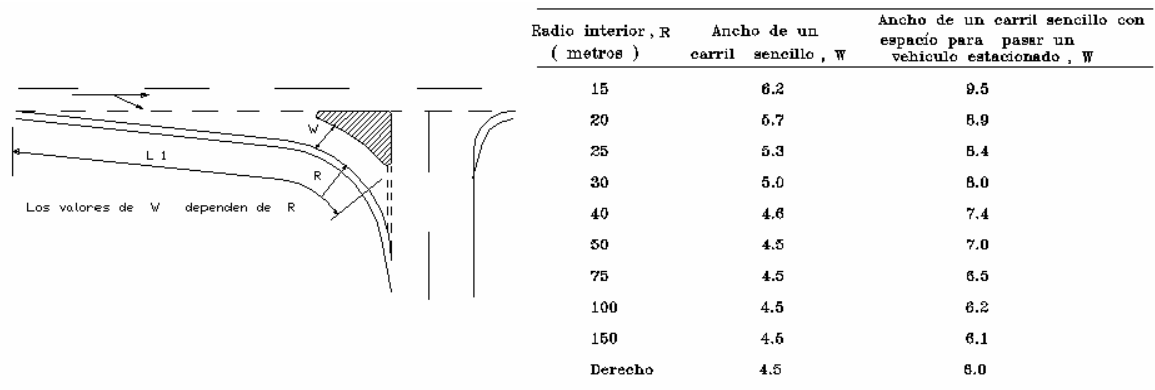
13. En esquemas, se mencionan datos para tener en cuenta la distancia de visibilidad mediante el triangulo (Figura 2), y carriles para el giro a derecha (Figura 3) y a izquierda (Figura 4). Todo esto respaldado con tablas que tratan de abarcar múltiples posibilidades de solución en una intersección dada.



Velocidad de diseño k/h de la vía principal	80	60	50
Distancia Y ( metros )	150	120	90

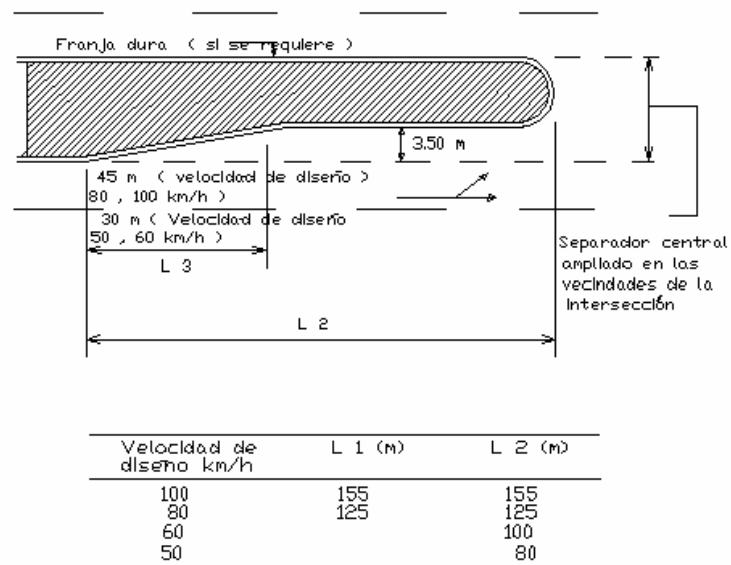
**Figura 2. Triángulo de visibilidad**

**Fuente: INVIAS**



**Figura 3. Carril de giro a derecha**

**Fuente: INVIAS**



**Figura 4. Carril de giro a la izquierda**

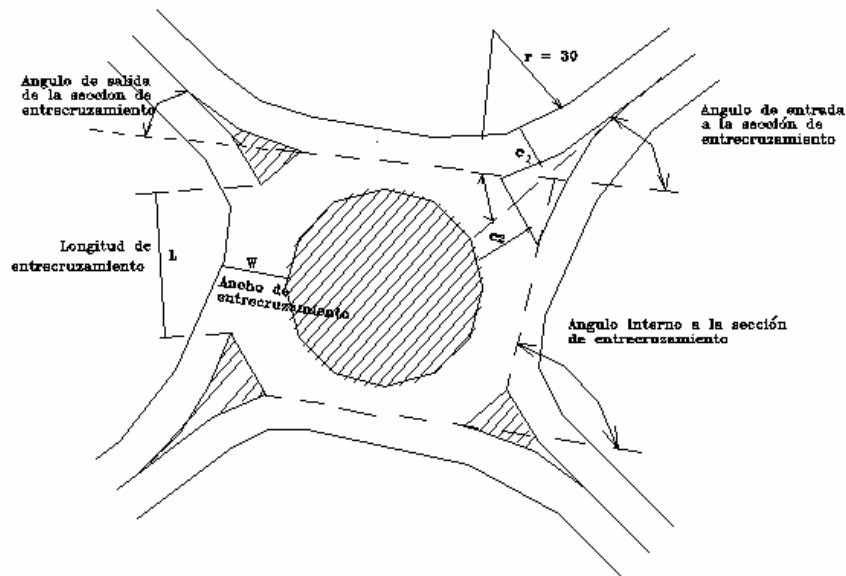
**Fuente: INVIAS**

14. Se indican las características de diseño de las glorietas, mostrando sus ventajas y desventajas. Esquematizando sobre las glorietas partidas, y mencionado criterios básicos a tener en cuenta en el diseño (Tabla 2), respaldado por un esquema. (Figura 5).

**Tabla 2. Criterios de diseño de glorietas**

**Fuente: INVIAS**

Descripción	Unidad	Magnitud	
• Diámetro mínimo de la isla central	m	25	
• Diámetro mínimo del círculo inscrito	m	50	
• Relación <i>W/L</i>		Entre 0.25 y 0.40	
• Ancho sección de entrecruzamiento	m	15, máximo	
• Radio mínimo	De entrada	m	30
	De salida	m	40
	En esquinas isla central	m	10
• Sobreebanco en las curvas	Radio (m)		
	15	mm	600
	22	mm	300
	30	mm	150
• Angulo ideal de entrada			60°
• Angulo ideal de salida			30°



**Figura 5. Esquema de una glorietta convencional**

**Fuente: INVIAS**

El manual del INVIAS, cuya fecha de publicación es 1998, adquiere los conceptos para las intersecciones a nivel de los manuales de la AASHTO publicados hasta esa fecha, siendo casi textuales en su interpretación, y teniendo poco fundamento en aplicaciones directas con la situación del país.

Adicional a esto, el manual del INVIAS simplifica el contenido propuesto por la norma americana, llegando a manifestar conceptos muy generales de los criterios de diseño, dejando a la experiencia del diseñador o a la utilización de otro manual como guía de diseño para la identificación de los datos permisibles en una intersección dada, como lo son:

- Radios mínimos circulares relacionando el tipo de vehículo.
- Cambios máximos permisibles de pendiente en el perfil longitudinal sin necesidad de curva vertical.

- Peralte adecuado entre las dos vías intersectadas, considerando el adecuado movimiento en los giros de los vehículos y un adecuado drenaje para la evacuación del agua.
- Anchos de carriles, longitudes y anchos de carriles auxiliares y carriles canalizados.
- Dimensiones de las islas.
- Mecanismos de control de tráfico, ya que, el manual solo se refiere a intersecciones controladas con señal de Pare, pero no indica conceptos para la representación clara de esta señal, y no indica nada sobre otros tipos de control, como el Ceda el Paso o los semáforos.
- Aperturas adecuadas de los separadores centrales para un adecuado giro izquierdo.
- Interacción de las vías vehiculares con pasos peatonales, vías para bicicletas y vías férreas.

Por las ambigüedades y la diferencia de criterios que pueden surgir en el momento del diseño de una intersección a nivel, es importante el estudio de una norma que trate este tema de una forma amplia y completa, y analizar que se puede aplicar de la normatividad para el caso de nuestro país.

La norma colombiana se ha basado en sus distintas ediciones en la norma norteamericana, por lo cual, el manual más interesante a evaluar es el de la American Association Of State Highway And Transportation AASHTO.

## 2. ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DE LA AASHTO

El denominado “Libro Verde” de la AASHTO se ha vuelto a través de la historia en una referencia para el diseño vial en Estados Unidos y en Latinoamérica, siendo éste en muchas partes, base para la realización de manuales y normas propias de un país o una región determinada. Su título oficial es “A Policy on the Geometric Design of Highway and Streets” y es una Política sobre el Diseño Geométrico de Carreteras y Calles. (Ver Referencia 2).

La AASHTO publica este libro desde los años 1930 y tiene su edición más reciente la publicada en 2004 y aunque a menudo se lo ve como el dictado de un conjunto de normas nacionales, en realidad es una serie de guías sobre diseño geométrico dentro del cual el diseñador tiene un rango de flexibilidad, y así se establece en el prólogo de ese documento:

“El propósito de esta política es guiar al diseñador mediante la referencia de un rango de valores recomendados para las dimensiones críticas. No se intenta que sea un manual detallado de diseño que permita sobreponer la necesidad de la aplicación de los principios legítimos del conocimiento de los profesionales del diseño. Se permite suficiente flexibilidad para alentar diseños independientes adaptados a situaciones particulares”.

Por esto, el libro verde no es una norma propiamente dicha sobre el diseño, es en realidad un manual de diseño que da guías sobre las dimensiones geométricas del camino que incluye anchos de carriles, medianas, banquetas, y zonas despejadas; el ancho y forma de medianas; radios de giro, entre otras cosas. Hay muchos aspectos de diseño que no están directamente tratados en el libro verde como son:

- Definición del problema
- Definición del proyecto
- Definición de los términos del proyecto
- Tratamiento estético de las superficies
- Diseño adecuado dentro del contexto
- Selección de la adecuada baranda de defensa y baranda de puente
- Determinación de la clasificación funcional
- Determinación de los requerimientos funcionales adecuados, capacidad, y nivel de servicio
- Diseño de estructuras
- Desarrollo paisajista
- Selección de la iluminación
- Desarrollo a los costados del camino
- Operaciones de tránsito

El manual norteamericano, en su capítulo 9, nos muestra un compendio sobre los distintos criterios y las diferentes pautas para el diseño geométrico de las intersecciones a nivel y nos indica las múltiples observaciones a tener en cuenta para el adecuado diseño de una intersección.

Aceptando que las intersecciones a nivel son uno de las más críticos y complicados elementos del diseño vial; la eficiencia, seguridad, velocidad, costo de operación y capacidad del sistema vial en todo su conjunto depende directamente del diseño de sus intersecciones, y esto se debe a que, los criterios de diseño usados para una vía se ven limitados y en muchas oportunidades, en contraposición, con alguna vía que la cruza y que compite por un mismo espacio limitado.

Esto sucede en su mayoría en zonas urbanas y suburbanas, donde la capacidad de las intersecciones semaforizadas puede definir efectivamente la capacidad del sistema vial, y si se añade la necesidad de acomodar ciclistas y peatones con variados grados de movilidad, y la de acomodar giros a izquierda y derecha, el desafío enfrentado por los diseñadores se vuelve aún más complicado.

Como se establece en el manual, el principal objetivo del diseño de una intersección es:

“...reducir la gravedad de conflictos potenciales entre los vehículos automotores, ómnibus, camiones, bicicletas, y vías, en tanto se facilita la conveniencia de que la gente cruce la intersección con facilidad y comodidad...”.

Para entender y comprender lo que el manual del 2004 nos manifiesta en el capítulo 9 sobre las intersecciones a nivel, se realiza una traducción al español de este capítulo (ver Anexo 1), y así, constituir una referencia presente y futura para establecer los criterios de diseño de una intersección en particular, según lo manifestado por los norteamericanos para las intersecciones a nivel. Analizando sus ventajas, problemas y demás características relevantes.

## **2.1. VENTAJAS**

- Realiza una buena descripción sobre las clases de intersecciones a nivel que se pueden desarrollar para un caso en particular. Se discretiza sobre intersecciones a nivel de tres, cuatro o múltiples ramales, sobre movimientos canalizados o sin canalizar, y muestra un análisis detallado sobre las características de giro izquierdo, derecho o de cruce para volver eficiente el movimiento vehicular de la intersección.
- Introduce conceptos importantes como las bicicletas, pasos peatonales y cruces con vías férreas que en nuestro medio apenas se está empezando a presentar, pero que a muy corto plazo, la interacción entre los flujos vehiculares y otros tipos de flujos, se volverá sumamente importante para mantener un adecuado y eficiente movimiento.
- Da indicaciones claras sobre las características geométricas de una adecuada intersección a nivel. Manifiesta criterios sobre el alineamiento horizontal, y como este se puede rectificar para un mejor desempeño. Sobre el alineamiento vertical indica intervalos aceptables de pendientes, combinaciones de pendiente en un mismo alineamiento, entre otros.
- Presenta una guía completa sobre el uso del peralte en las intersecciones a nivel, indicando su forma de utilización y mostrando criterios concretos de rampas de peralte y valores para combinar los peraltes, asociándolos con los distintos factores del movimiento de los vehículos y con el flujo del agua en la intersección.
- Se indica de forma completa los radios que deben tener las esquinas de la intersección, haciendo una asociación entre los tipos de vehículos, sus radios de giro estudiados y mostrados en el capítulo 2 del mismo manual y el grado de deflexión que presenta una esquina en particular, y así establecer los ochaves adecuados.
- Se indican criterios para hacer la modificación o arreglo de una intersección a nivel de forma que los giros queden canalizados en carriles independientes, o que la disposición de islas mejoren el flujo vehicular en todos los movimientos permitidos.
- Se establecen criterios precisos sobre la distancia de visibilidad: los triángulos y los mecanismos de control para una adecuada visibilidad son ampliamente estudiadas.
- La idealización de una intersección a nivel es el de mejorar la visibilidad, reducir los conflictos vehiculares y poder aumentar la capacidad para servir a mas vehículos, con lo cual, los distintos criterios están encaminados a realizar estas mejoras.

## 2.2. PROBLEMAS

- No se refiere de una forma extensa y detallada sobre las glorietas como soluciones para una intersección a nivel; ya que, hace referencia a las glorietas modernas, pero no manifiesta criterios claros y precisos sobre dimensiones, capacidades, anchos de carril, pendientes y peraltes para el adecuado diseño de esta clase de intersección.
- No se hace un análisis particular de los volúmenes viales para la capacidad de la intersección, ya que, su descripción e interpretación es igual como en el análisis de una vía rural sin intersección alguna. Por lo cual, no se analiza teorías de colas de tránsito, frecuencia de intervalos admisibles de cruce y convergencia de flujo, entre otras, para lo cual, la AASHTO cuenta con el Highway Capacity Manual (HCM).
- No se analiza la conveniencia de utilizar en una intersección a nivel en particular, señales de control con pare, o ceda el paso, o semaforizadas, dejando esto, a otras normas, considerando análisis en el HCM.
- No se indica estudios o análisis sobre accidentalidad y los criterios necesarios para disminuir o eliminar este ítem. Se asume que al mejorar las características geométricas se mejora la seguridad, pero no hay estudios claros y contundentes que respalden el mejoramiento de este factor.

### 3. ESTUDIO DE UNA INTERSECCIÓN EXISTENTE

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

Se realiza el análisis de una intersección representativa en un corredor vial de importancia que recientemente haya sido remodelada, o que este en proceso de remodelación, para estudiar su situación anterior y su situación actual.

A partir de este análisis, se verifica los criterios de diseño geométrico utilizados, y su correspondencia con las normas indicadas por el manual de la AASHTO del 2004.

Con esto, se busca realizar una confrontación de la utilización de estos criterios en una de las más recientes construcciones y remodelaciones de intersecciones en Medellín, viendo las correspondencias y las diferencias, y concluyendo sobre lo encontrado.

#### 3.2. LOCALIZACIÓN

La intersección a analizar se encuentra dentro de un gran corredor vial que representa la troncal de Metroplus en Medellín, con una longitud de 12.5 km, que comunica mediante un sistema de transporte masivo el sector de Belén en cercanías a la Universidad de Medellín localizada en el suroeste de la ciudad y el parque de Aranjuez localizada en el noreste de Medellín. Ver Figura 6.



Figura 6. Mapa general del Sistema Metroplus

Fuente: [www.metroplus.gov.co](http://www.metroplus.gov.co)

Se contempla la remodelación de las vías a intervenir y, consecuentemente, de las intersecciones viales con otras vías que se encuentre en su camino.

Este corredor vial se está realizando por etapas, en el que una etapa de construcción específica nos muestra la adaptación al Metroplus de las vías entre la glorieta de Fatelares y la intersección de Palos Verdes; para lo cual, los trabajos comienzan en la intersección de la Carrera 55 (Avenida del Ferrocarril) con la Calle 59, continua por la Carrera hasta la calle 67 (Barranquilla), gira a la derecha hasta llegar al intercambio de Palos Verdes en la Carrera 46.

En esta etapa de construcción se realizan trabajos en intersecciones representativas como lo son: Intersección de la Carrera 55 con la Calle 65; intersección de la Calle 67 (Barranquilla) con la Carrera 55 (Avenida del Ferrocarril), Calle 57 con carrera 52 (Carabobo); zona de la Universidad de Antioquia; Calle 67 con la Carrera 51, zona del Hospital San Vicente de Paúl y de la estación Hospital del Metro de Medellín; y Palos Verdes, donde la Calle 67 hace un cruce para intersectar la Calle 66 (Manizales), luego encontrar la Carrera 46 y culminar en la carrera 45, vía que continúa con el sistema Metroplus hasta el parque de Aranjuez. (Figura 7).



**Figura 7. Metroplus en la Calle 67. Desde Carrera 55 hasta Palos Verdes.**

**Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)**

La intersección a analizar es el cruce entre la Calle 67 (Barranquilla) y la Carrera 55 (Avenida del Ferrocarril). Esta intersección es de especial interés ya que es un sitio de alto volumen de vehículos, y peatones por estar al lado de una de las entradas a la Universidad de Antioquia. Adicionalmente, el sistema Metroplus piensa establecer cerca de la intersección, una estación de pasajeros, lo cual hace que el diseño y remodelación de este cruce sea de vital importancia, y se desarrolle de la mejor manera, para así garantizar un adecuado movimiento de los vehículos y de los peatones.

### 3.3. SITUACIÓN ANTERIOR

Antes de comenzar las remodelaciones por las obras de Metroplus en el 2007, la intersección de la Calle 67 (Barranquilla) y la Carrera 55 (Avenida del Ferrocarril) (Ver Figura 8) tenía una configuración que mostraba una intersección de 4 ramales, con controles de tránsito mediante semáforos vehiculares.



**Figura 8. Intersección Calle 67 con Carrera 55. Situación Anterior**

**Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)**

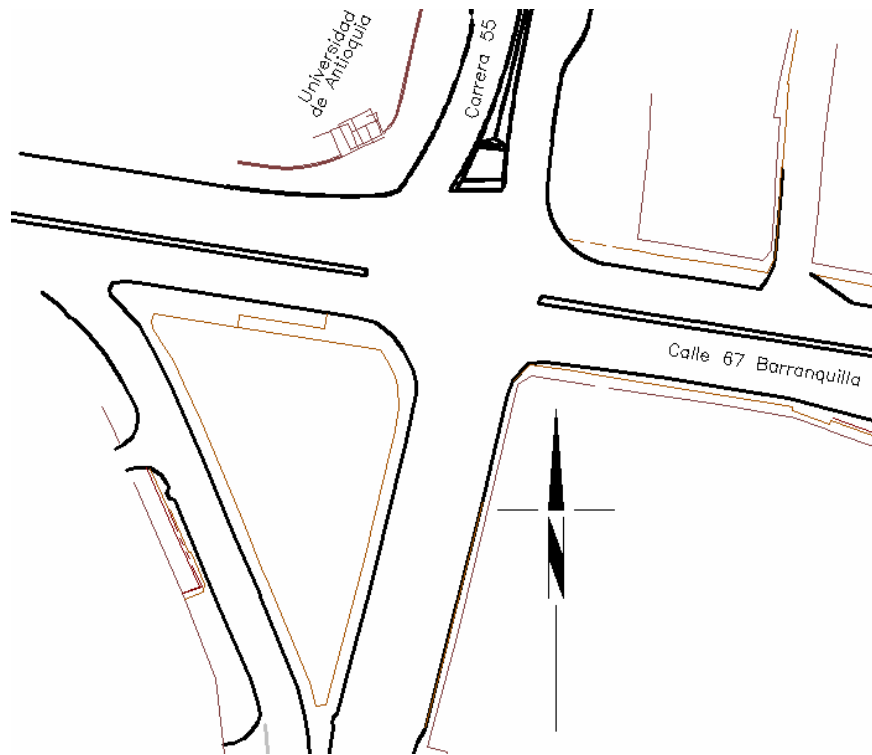
Se presentan movimientos directos en la calle, pero en la carrera se restringe el movimiento norte-sur atravesando la intersección. Existe giro a derecha para todas las direcciones, con un giro canalizado. Solo se presenta un giro a izquierda de los cuatro posibles.

La Carrera 55, según la Figura 8, es unidireccional en el sur con cuatro carriles. En el norte, se observan dos carriles separados por una línea de demarcación central. Esto permite el movimiento vehicular de sur a norte. Sin embargo, tiempo antes de comenzar la remodelación, esta vía en el sector norte fue ampliada, generando así el movimiento norte-sur. Al aumentar el ancho de la calzada, se construyó un separador central, lo cual hace que sea posible el giro derecho norte-oeste. Este separador central no interfiere en el sistema propio de la intersección vial. (Figura 9).

La Calle 67 tiene un separador central. En la intersección aparece una apertura que permite el movimiento directo por la carrera 55 y permite el giro izquierdo sur – oeste.

Existe un giro canalizado en la intersección. El giro derecho oeste-sur presenta un carril exclusivo de movimiento, logrando así, aislar del centro del sistema el flujo vehicular que realiza el giro indicado. Este carril de canalización genera una isla canalizadora, donde se ha realizado un trabajo de vegetalización y adecuación de zona verde.

Características detalladas de la intersección en el tiempo antes de la remodelación se presentan en la Tabla 3.



**Figura 9. Intersección Calle 67 con Carrera 55. Situación Anterior con ampliación de la Carrera 55 en la zona norte**

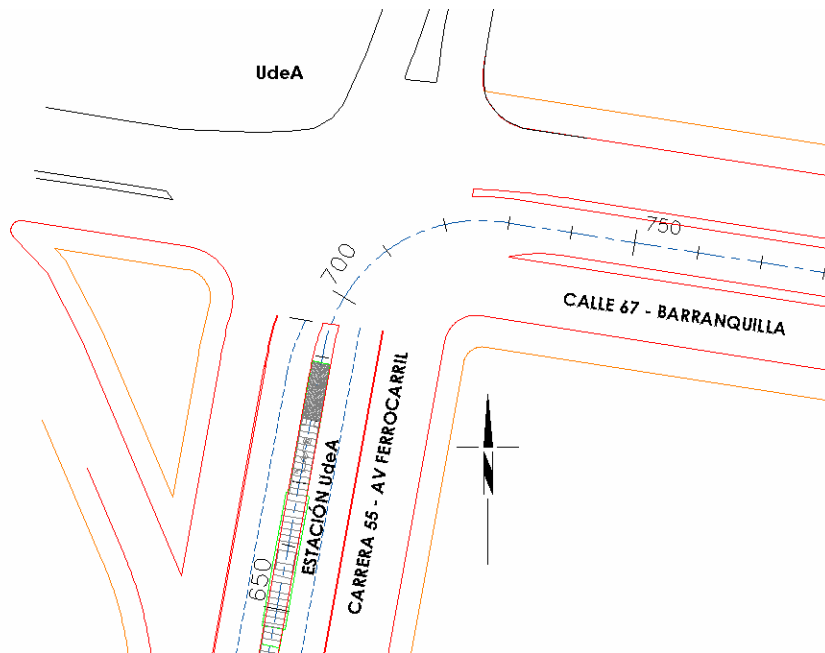
### **3.4. SITUACIÓN DESPUÉS DE LA REMODELACIÓN**

La nueva intersección de la Calle 67 con la Carrera 55 considera varios aspectos que convergen en el adecuado desplazamiento del metroplus por su carril exclusivo.

El sistema metroplus tiene su carril exclusivo que proviene desde la Universidad de Medellín, y llega a la Calle 67 por la Avenida del Ferrocarril en el sur. En la intersección analizada, el metroplus coge una dirección este por la Calle 67, en un giro derecho. La concepción del carril exclusivo del metroplus en esta zona, hace que este sea diseñado en el centro o eje de la calzada por donde pasa, dejando en los lados, los carriles mixtos, por donde transitan las demás clases de vehículos; por lo cual, el metroplus hace el giro a derecha por el centro de la intersección, y de esta forma, se reestructura todo el cruce. (Ver Figura 10).

Por esto, la calzada de la Carrera 55 en el sur, y la calzada de la Calle 67 en el este, son ampliadas y acondicionadas para recibir al carril exclusivo del metroplus, y los carriles mixtos. La Avenida del Ferrocarril en el norte y Barranquilla en el oeste no sufren modificaciones considerables en el aspecto geométrico de las vías, solo en los ochaves y niveles de rasante para adecuarse a los cambios en los demás ramales. También sufren cambios paisajísticos.

La zona este de la Calle 67, tiene ampliaciones que comprometen los predios del lado izquierdo de la vía. Igualmente, la zona sur de la Carrera 55 compromete los predios a la derecha de la vía, pero también compromete la isla canalizadora existente a la izquierda, y obliga que ésta disminuya en sus dimensiones y sea readecuada.



**Figura 10. Intersección Calle 67 con Carrera 55. Situación después de la remodelación**

En la remodelación se tiene especial cuidado en no modificar considerablemente la esquina de la entrada a la Universidad de Antioquia. Esta esquina corresponde a la zona noroeste de la intersección y su importancia radica en el alto volumen de buses que tienen su paradero un poco más adelante de esta esquina por la Calle 67. Un cambio drástico en rasante, o en el radio de curvatura de la esquina podría interferir con la actividad de los buses. (Ver Figura 11).



**Figura 11. Esquina de la Universidad de Antioquia**

Las características que tendrá la intersección después de la remodelación están en la Tabla 3.

### 3.5. COMPARACIÓN DE LA INTERSECCIÓN ANTERIOR Y DESPUÉS DE REMODELACIÓN

Para realizar la comparación entre las características anteriores de la intersección, y las que tendrá después de su remodelación, se van a tener en cuenta los ítems en que se basa la AASHTO en su manual sobre las intersecciones a nivel.

En una primera observación, se presenta la Figura 12, donde en líneas negras se presenta la situación anterior, y en líneas rojas se muestra la situación que va a tener la intersección después de la remodelación.

La relación entre las características anteriores y las posteriores a la remodelación de la intersección se presentan en la Tabla 3, señalando de forma remarcada los cambios entre las dos situaciones. Asimismo, se muestra la comparación del ítem con el criterio dado por el manual AASHTO (Referencia 2), y la característica de la intersección después de la remodelación.

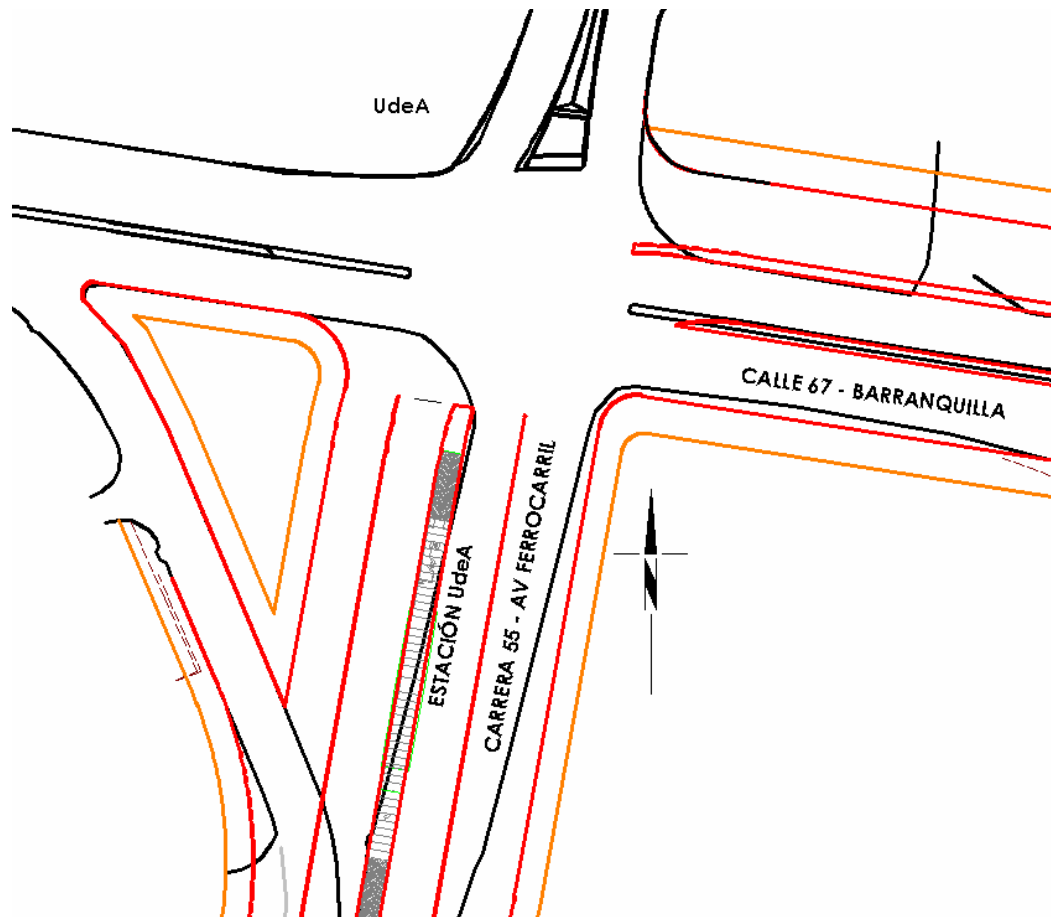


Figura 12. Intersección Calle 67 con Carrera 55. Situación antes y después.

**Tabla 3. Comparación de características**

ÍTEM	SITUACIÓN		COMPARACIÓN CON CRITERIOS AASHTO
	ANTERIOR	DESPUÉS	
<b>CONFIGURACIÓN</b>			
Tipo	En cruz - 4 ramificaciones		Tipo de intersección básico de una intersección.
Movimientos	<p>Directo Sur-Norte por la Cra 55</p> <p><b>Directo Norte-Sur no existe</b></p> <p>Directo Este-Oeste por la Cll 67</p> <p>Directo Oeste-Este por la Cll 67</p> <p>Giros derechos no canalizados existen de este a norte, de sur a este y de norte a oeste. De oeste a sur existe un carril exclusivo que canaliza el flujo.</p> <p><b>Giro izquierdo no canalizado solo se presenta de sur a oeste.</b></p> <p>(Ver Figura 13 a)</p>	<p>Directo Sur-Norte por la Cra 55</p> <p><b>Directo Norte-Sur por la Cra 55</b></p> <p>Directo Este-Oeste por la Cll 67</p> <p>Directo Oeste-Este por la Cll 67</p> <p>Giros derechos no canalizados existen de este a norte, de sur a este y de norte a oeste. De oeste a sur existe un carril exclusivo que canaliza el flujo.</p> <p><b>Se elimina el giro izquierdo no canalizado de sur a oeste.</b></p> <p><b>Para los buses de Metroplus, se presenta giros exclusivos. Giro derecho de sur a este y giro izquierdo de este a sur.</b></p> <p>(Ver Figura 13 b)</p>	<p>No se hace referencia a movimientos permitidos o prohibidos. En principio, todos son permitidos, y sus restricciones son dadas por los volúmenes vehiculares. Tema tratado en el capítulo 2 del manual AASHTO.</p>
Ángulo de la intersección	<p><b>91° 43'</b></p> <p>(Ver Figura 14 a)</p>	<p><b>69° 23'</b></p> <p>(Ver Figura 14 b)</p>	Ángulo entre 60° y 120°
Anchos de Calzada	<p><b>La Carrera 55, al sur es de 15m</b></p> <p>La Carrera 55 al norte es de 7m las dos calzadas, con un separador de 5m, para un ancho total de 19m.</p> <p>La Calle 67 al oeste es de 7m. en la calzada de oeste a este, y de 10m en la calzada de este a oeste, con un separador central de 1m, para un ancho total de 18m.</p> <p><b>La Calle 67 al este es de 7m en la calzada este a oeste y de 9,4m en la calzada de oeste a este, con un separador central de 1m, para un ancho total de 17,4m.</b></p> <p>(Ver Figura 14 a)</p>	<p><b>La Carrera 55, al sur es de 7m en el carril mixto izquierdo, 7m en cada carril exclusivo de Metroplus y 10m en el carril mixto derecho, que incluye 7m de carril vehicular y 3m para bahía de vehículos. Se presenta un separador central para la estación UdeA de 3m para un ancho total de 34m.</b></p> <p>La Carrera 55 al norte es de 7m las dos calzadas, con un separador de 5m, para un ancho total de 19m.</p> <p>La Calle 67 al oeste es de 7m. en la calzada de oeste a este, y de 10m en la calzada de este a oeste, con un separador central de 1m, para un ancho total de 18m.</p> <p><b>La Calle 67 al este es de 10m en cada carril mixto y de 7m en la calzada del Metroplus y dos separadores de 1,5m cada uno, para un ancho total de 30m.</b></p> <p>(Ver Figura 14 b)</p>	<p>No se hace referencia a anchos de calzada mínimos o máximos. Su restricción esta dada por el tipo de las vías que se intersectan y por los volúmenes vehiculares. Tema tratado en el capítulo 1 y 2 del manual AASHTO.</p>

**Tabla 3. Comparación de características**

ÍTEM	SITUACIÓN		COMPARACIÓN CON CRITERIOS AASHTO
	ANTERIOR	DESPUÉS	
Ángulos y radios en Esquinas (Ochaves)	<p>Entre Cra 55 sur y Cll 67 este es de 6m con un ángulo de 96°</p> <p>Entre Cll 67 este y Cra 55 norte es de 12m con un ángulo de 94°</p> <p>Entre Cll 67 oeste y Cra 55 sur es de 15m con un ángulo de 90°.</p> <p>Entre Cra 55 norte y Cll 67 oeste es de 5m con un ángulo de 115°.</p> <p>(Ver Figura 14 a)</p>	<p>Entre Cra 55 sur y Cll 67 este es de 5m con un ángulo de 91°</p> <p>Entre Cll 67 este y Cra 55 norte es de 8m con un ángulo de 91°</p> <p>Entre Cll 67 oeste y Cra 55 sur es de 8m con un ángulo de 96°.</p> <p>Entre Cra 55 norte y Cll 67 oeste es de 5m con un ángulo de 115°.</p> <p>(Ver Figura 14 b)</p>	<p>Se identifica como el vehículo típico el SU (Camión de una unidad) de acuerdo a las características predominantes de los vehículos en la intersección.</p> <p>Para ángulos de 90° el radio mínimo en curva circular es de 15m. Ver Figura 15</p> <p>Para ángulos de 120°, la curva debe ser con curva circular y disminución gradual de los bordes. El radio mínimo es de 9m, con una compensación de 1m en relación 10:1</p>
Canalizaciones de flujo	<p>Para el giro derecho de oeste a sur, la intersección presenta un carril exclusivo canalizador del tránsito de 7m de ancho.</p> <p>Andando en dirección oeste-sur, en la entrada del carril, el ángulo de giro es 153°, con un radio de 50m. En la salida, el ángulo es de 146°, con un radio de 60m.</p> <p>La longitud es de 65m aproximadamente.</p> <p>(Ver Figura 16)</p>		<p>Para el vehículo SU, con ángulos en las esquinas de 150°, la curva debe ser con curva circular y disminución gradual de los bordes. El radio mínimo es de 9m, con una compensación de 1,2m en relación 8:1</p>
Carriles de giro a la izquierda intermedios	<p>No se presentan carriles de giro a la izquierda exclusivos en el centro de las calzadas, por lo cual, el giro en carriles intermedios no se presenta.</p>		-
Giros izquierdos y en U indirectos	<p>Directamente en la intersección analizada no se presentan giros indirectos. Sin embargo, para el giro oeste-norte, se presenta un giro indirecto que involucra otras intersecciones.</p> <p>Las intersecciones entre la Cll 67 y la Cra 52 (Carabobo), la Cra 52 con Cll 65 y Cll65 con Cra 55 permiten el giro.</p> <p>Ver Figura 17 a)</p>	<p>Directamente en la intersección analizada no se presentan giros indirectos. Sin embargo, para el giro oeste-norte y sur-oeste, se presentan unos giros indirectos que involucran otras intersecciones.</p> <p>Para el giro oeste-norte, participan las intersecciones entre la Cll 67 y la Cra 52 (Carabobo), la Cra 52 con Cll 65 y Cll65 con Cra 55 permiten el giro.</p> <p>Ver Figura 17 a)</p> <p><b>Para el giro sur-oeste, que antes se hacía de forma directa, ahora debe involucrar otras intersecciones como son la Cra 55 con Cll 70, Cll 70 con Cra 52 (Carabobo) y Cra 52 con Cll 67.</b></p> <p>Ver Figura 17 b)</p>	<p>Para esta intersección, el manual AASHTO considera este giro localizado en calles locales, donde se aprovecha la distribución por bloques de las manzanas para realizar los giros.</p> <p>Para este caso, se debe analizar cada nueva intersección de manera diferente y aislada en criterios geométricos, pero asociándole los volúmenes vehiculares necesarios.</p>

**Tabla 3. Comparación de características**

ÍTEM	SITUACIÓN		COMPARACIÓN CON CRITERIOS AASHTO
	ANTERIOR	DESPUÉS	
Giros a izquierda simultáneos.	No se presentan giros a la izquierda simultáneos.		-
Carriles de cambios rápidos	No se presentan carriles de cambios rápidos de velocidad.		-
Apertura de vías intermedias	<b>29m</b> (Ver Figura 14 a)	<b>47m</b> (Ver Figura 14 b)	El ancho mínimo cuando el separador central es de 1.2m es de 28.8m, teniendo en cuenta un radio de giro del vehículo de 15m, el cual es suficiente para cualquier giro que se necesite en la intersección.
Control de Tránsito	Semáforos. Las fases de los semáforos cambian entre la situación anterior y la situación después de la remodelación.		La norma de diseño geométrico AASHTO no trata este tema, y lo refiere a otros manuales para su análisis.
Carriles Auxiliares	No se presentan carriles auxiliares		-
Vías fachada	No se presentan vías fachada		-
Diseño rechazado de vía erróneas	No se presentan diseños rechazados de vías erróneas		-
<b>DISEÑO</b>			
Alineamientos	<b>Según el ángulo de la intersección, y los ángulos en las esquinas, todos los alineamientos de la intersección están orientados a formar ángulos de 90°, dando prioridad a los movimientos directos.</b>	<b>Al instalarse el Metroplus, el giro derecho sur-este se vuelve el movimiento principal, por lo cual, se presenta un realineamiento de la intersección cambiando su ángulo a 69°23'. En las esquinas, los ángulos se conservan en el rango de 90°.</b>	Al cambiar la prioridad de movimiento de la intersección, al disminuir el ángulo para favorecer el giro es adecuado y permite una mayor agilidad en la circulación.
Perfil	<b>En la Cra 55, la pendiente desciende de sur a norte. Comienza por el sur con 0.4%. En el centro de la intersección hay un quiebre y pasa a una pendiente de 1.5%.</b>	<b>En la Cra 55, la pendiente desciende de sur a norte. Comienza por el sur con 0.34%. En el centro de la intersección hay un quiebre y pasa a una pendiente de 0.37%.</b>	Máximo recomendado del 3% de pendiente.  En casos específicos, se permite llegar hasta el 6% de pendiente.

**Tabla 3. Comparación de características**

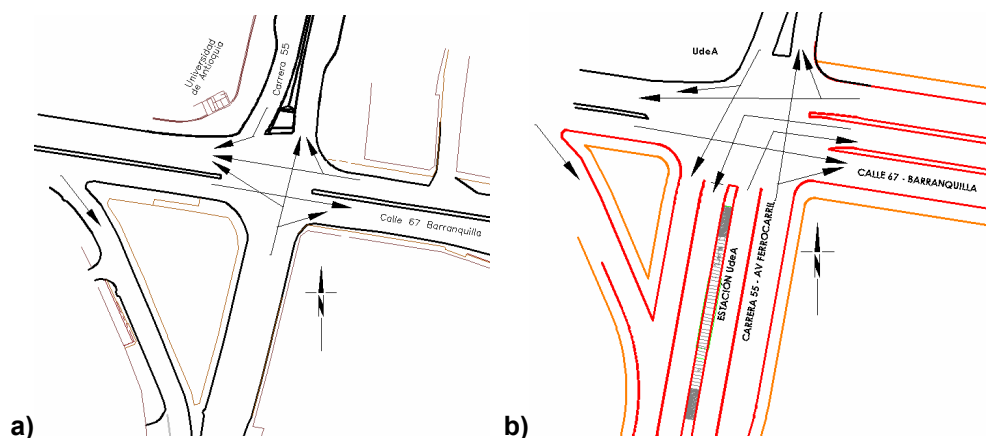
ÍTEM	SITUACIÓN		COMPARACIÓN CON CRITERIOS AASHTO
	ANTERIOR	DESPUÉS	
	<p><b>En la CII 67, la pendiente desciende de este a oeste. Comienza por el este con 2.8%. En el centro de la intersección hay un quiebre y pasa a una pendiente de 3.5%.</b></p> <p>No hay curvas verticales en la intersección.</p> <p>El drenaje del agua hace que esta se dirija hacia la esquina noroeste de la intersección, donde esta la entrada a la UdeA.</p> <p>Ver Figura 18</p> <p>La vía canalizada tiene una pendiente del 2% al salir de la CII 67</p>	<p><b>En la CII 67, la pendiente desciende de este a oeste. Comienza por el este con 3.55%. En el centro de la intersección hay un quiebre y pasa a una pendiente de 2.56%.</b></p> <p>No hay curvas verticales en la intersección.</p> <p>El drenaje del agua hace que esta se dirija hacia la esquina noroeste de la intersección, donde esta la entrada a la UdeA.</p> <p>Ver Figura 19</p> <p>La vía canalizada tiene una pendiente del 2% al salir de la CII 67.</p> <p>Al entrar en la Cra55, la pendiente de la vía canalizadora es de 0.6%</p>	<p>Para los quiebres sin curva vertical de los perfiles, el manual AASHTO no hace referencia explícita de algún valor máximo permisible.</p>
Peralte	<p>El peralte en la intersección no se analiza según la pendiente relativa de los giros en los movimientos vehiculares, sino en los límites de la intersección.</p> <p>Todos los peraltes tienen la misma dirección que los perfiles longitudinales</p> <p><b>En Cra 55 sur, peralte del 3%</b></p> <p><b>En Cra 55 norte, peralte del 2.1% en la calzada sur-norte. Del 3.3% en la calzada norte-sur.</b></p> <p><b>En CII 67 oeste, peralte del 0.6% en la calzada oeste-este. Del 1.7% en la calzada este-oeste.</b></p> <p><b>En CII 67 este, peralte del 0.85% en las dos calzadas.</b></p> <p>Ver Figura 18</p> <p>En la vía canalizadora, se presenta un quiebre entre su peralte y el de la CII 67, siendo su diferencia algebraica de 2.7%.</p> <p>Ver Figura 20 a)</p>	<p>El peralte en la intersección no se analiza según la pendiente relativa de los giros en los movimientos vehiculares, sino en los límites de la intersección.</p> <p>Todos los peraltes tienen la misma dirección que los perfiles longitudinales</p> <p><b>En Cra 55 sur, peralte del 2.5%</b></p> <p><b>En Cra 55 norte, peralte del 2.85% en la calzada sur-norte. Del 3.8% en la calzada norte-sur.</b></p> <p><b>En CII 67 oeste, peralte del 0.46% en la calzada oeste-este. Del 0.6% en la calzada este-oeste.</b></p> <p><b>En CII 67 este, peralte del 1% en la calzada oeste-este y en el carril del metroplus. Del 2% en la calzada este-oeste.</b></p> <p>Ver Figura 19</p> <p>En la vía canalizadora, se presenta un quiebre entre su peralte y el de la CII 67, siendo su diferencia algebraica de 2.7%.</p> <p>Ver Figura 20 a)</p> <p>En la Cra 55, se presenta un quiebre de 3%.</p> <p>Ver Figura 20 b)</p>	<p>El manual AASHTO no hace referencia directa al peralte como es concebida en esta intersección. Sin embargo, la situación presentada se asemeja a los perfiles, lo cual hace semejante la situación.</p> <p>El manual si hace énfasis en el manejo adecuado del drenaje, a pesar de no tener valores concretos.</p> <p>Para peraltes en vías de giro como la vía canalizadora, se permiten valores máximos del 8%.</p> <p>Para quiebres en la pendiente, se permite para velocidades de 30 km/h un máximo del 3%.</p>

**Tabla 3. Comparación de características**

ÍTEM	SITUACIÓN		COMPARACIÓN CON CRITERIOS AASHTO
	ANTERIOR	DESPUÉS	
<b>ISLAS</b>			
Islas canalizadoras	<p><b>Dimensiones:</b></p> <p>Lado por CII 67 de 38m</p> <p>Lado por Cra 55 de 53m</p> <p>Lado diagonal 65m</p> <p>Radio esquina CII 67 1.5m</p> <p>Radio intersección 15m</p> <p><b>En la Cra 55 no hay círculo en la esquina, ya que la isla se une a un separador central que continua por la misma carrera</b></p> <p><b>El área total de la isla es de 1850m<sup>2</sup></b></p> <p>Ver Figura 21 a)</p> <p>Ver Figura 22</p>	<p><b>Dimensiones:</b></p> <p>Lado por CII 67 de 25m</p> <p>Lado por Cra 55 de 42m</p> <p>Lado diagonal 52m</p> <p>Radio esquina CII 67 1.5m</p> <p>Radio intersección 8m</p> <p><b>En la Cra 55 no hay círculo en la esquina diseñado, ya que se deja para un criterio arquitectónico.</b></p> <p><b>El área total de la isla es de 850m<sup>2</sup></b></p> <p>Ver Figura 21 b)</p> <p>Ver Figura 23</p>	<p>El área mínima para zonas urbanas es de 5m<sup>2</sup>, recomendable 9m<sup>2</sup>.</p> <p>El lado menor debe ser no menos de 3.5m, preferiblemente 4.5m.</p> <p>Para alargar las islas debe ser no menos de 1.2m de ancho y de 6 a 8m de largo.</p> <p>Los radios de las esquinas deben ser mínimo de 0.6m.</p>
Islas divisorias	No hay islas divisorias		
Islas refugio	No hay islas de refugio		
<b>DISTANCIA DE VISIBILIDAD</b>			
Control de intersección	<p>Caso E – Intersecciones con toda la vía con controles de pare.</p> <p>Sin embargo, de acuerdo a la norma que permite realizar los giros a derecha con precaución a pesar de que el semáforo este en rojo, hace adecuado un análisis de visibilidad para este caso. Para el manual AASHTO, el caso es el B2. Además, se considera que los únicos vehículos a realizar el giro son los vehículos de pasajeros.</p>		<p>El manual AASHTO no se refiere directamente a casos de evaluación de distancias de visibilidad para intersecciones controladas por semáforos. Sin embargo, para realizar un análisis de visibilidad, la intersección se asocia con el caso más similar.</p>
Triángulo de visibilidad	<p>La visibilidad para los giros derechos es limitada por los predios adjuntos. El giro sur-este tiene la mayor visibilidad, sin embargo, los árboles de la isla canalizadora son un impedimento para una adecuada visibilidad.</p> <p>Ver Figura 24 a)</p>	<p>La visibilidad aumenta, aunque no es suficiente. La visibilidad en el giro sur-este ya no es impedida por árboles en la isla, sino por la estación UdeA del Metroplus.</p> <p><b>Los giros este-norte y norte-oeste tienen menos obstáculo en su visión por las construcciones en las esquinas, pero no resulta suficiente para garantizar con seguridad una visibilidad adecuada.</b></p> <p>Ver Figura 24 b)</p>	<p>Para una velocidad de diseño de 30 km/h, la distancia de visibilidad de pare es la longitud (a) igual a 35m.</p> <p>La longitud (b) del triángulo de visibilidad es de 55m.</p> <p>El tiempo de vacíos es de 6.5s</p> <p>Ver Figura 25</p>

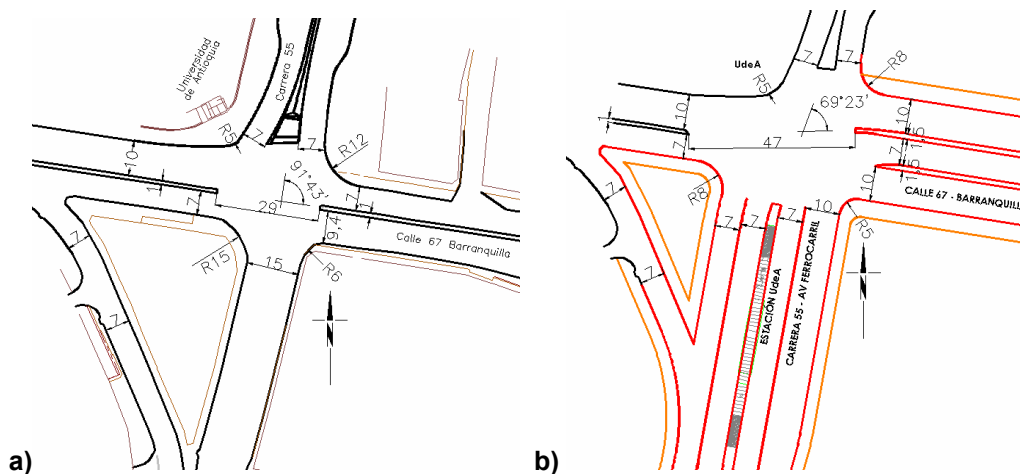
**Tabla 3. Comparación de características**

ÍTEM	SITUACIÓN		COMPARACIÓN CON CRITERIOS AASHTO
	ANTERIOR	DESPUÉS	
<b>OTROS ASPECTOS</b>			
Bicicletas	No se presenta una cicloruta interactuando con la intersección		-
Rampas para sillas de ruedas	El diseño urbanístico y paisajístico no tiene en cuenta las rampas para las sillas de ruedas de las personas de movilidad reducida.	El diseño urbanístico tiene en cuenta las rampas, pero solo en las aceras intervenidas en la Cra 55 y en la Cl15.  En un punto crítico como la esquina de la UdeA no se tiene en cuenta.	El manual AASHTO en su capítulo de intersecciones no tiene en cuenta este aspecto, refiriéndose a este para su estudio en el capítulo 4.
Cruce con vías de tren	No se presentan crucen con vías férreas en la intersección.		-



**Figura 13. Movimientos Vehiculares.**

a) Antes b) Después



**Figura 14. Dimensiones.**

a) Antes b) Después

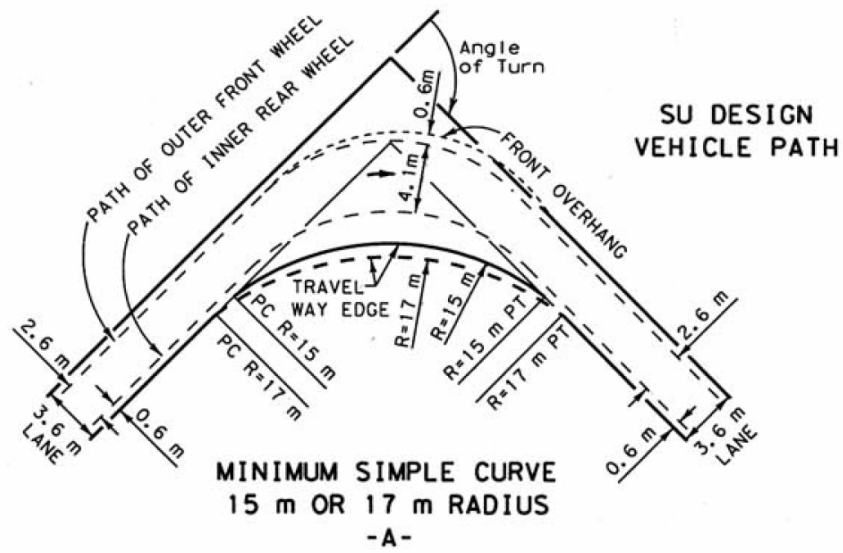


Figura 15. Radio de giro en 90°

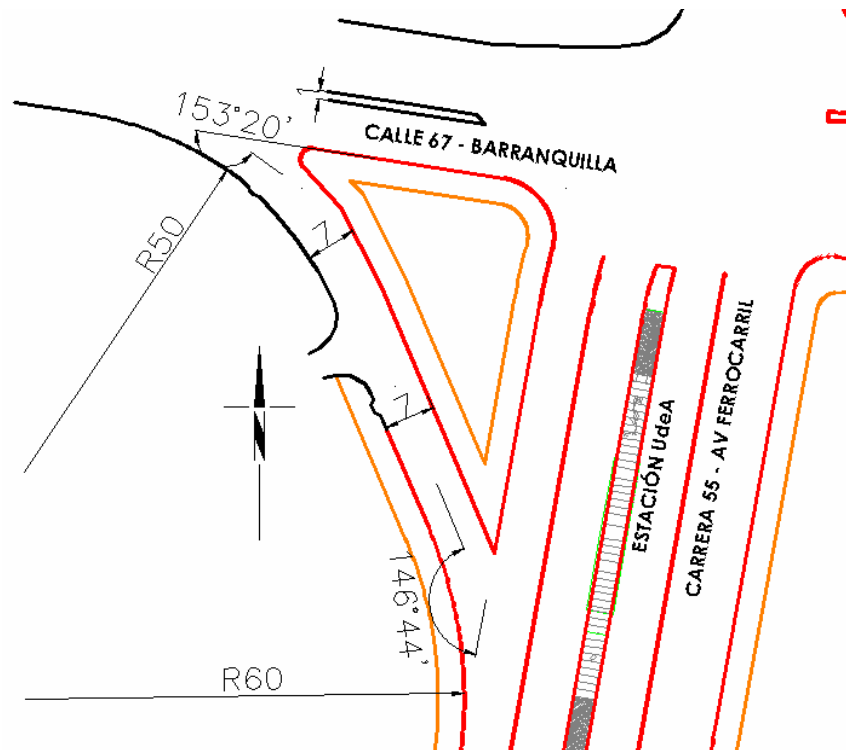


Figura 16. Carril canalizador de giro derecho



a)

b)

Figura 17. Giros Izquierdos Indirectos

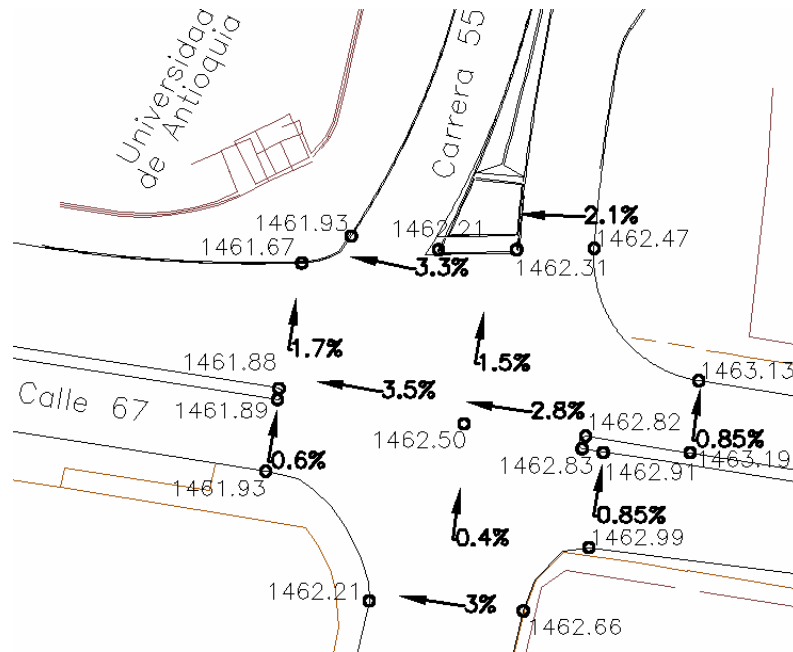
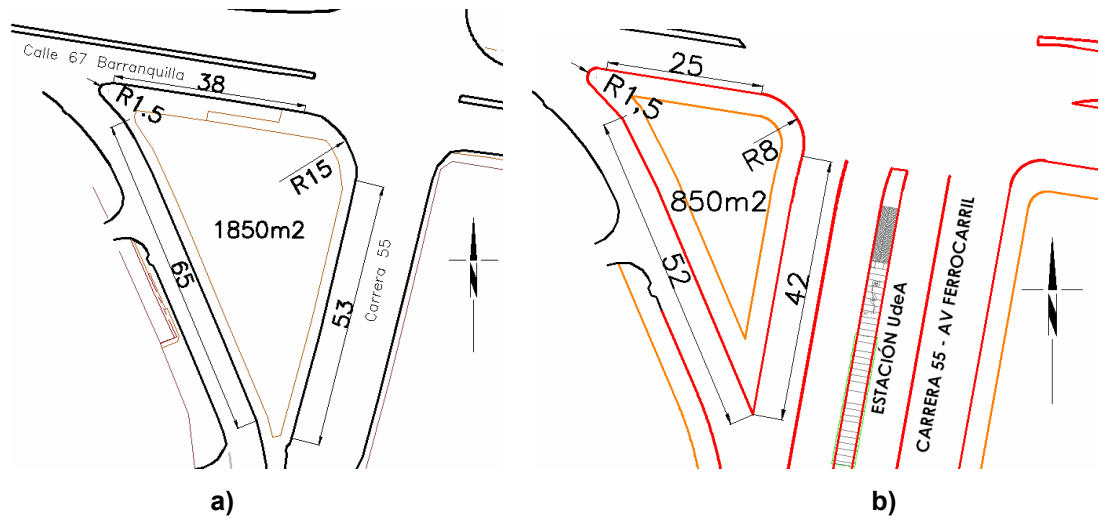


Figura 18. Pendientes y peraltes. Situación Anterior





**Figura 21. Isla canalizadora.**

**a) Antes b) Después**



**Figura 22. Isla canalizadora recién comenzada la remodelación**



### 3.6. ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES

Las remodelaciones sufridas por la intersección para la adaptación al Metroplus son pequeñas en magnitud, pero grandes en cantidad, todos concentrados en hacer del movimiento del metroplus, el principal y con la mayor cantidad de beneficios.

La intersección continúa siendo de 4 ramales, con un carril canalizador de volumen para el giro oeste – sur, y con controles de tránsito dados por semáforos.

En los movimientos de los vehículos, solo el giro izquierdo de sur a oeste se ve cancelado, los demás giros y movimientos directos son permitidos, habilitando, inclusive, el movimiento directo norte – sur, con lo cual, mejora la movilidad al poder presentarse ciclos más prolongados de los semáforos para este movimiento nuevo y para los movimientos oeste-este y viceversa.

Los anchos de calzada son aumentados de una forma considerable en la zona sur y este de la intersección por el metroplus. Sin embargo, se observa que en la zona sur, antes la calzada estaba compuesta por cuatro carriles, que aceptaban el flujo para todas las direcciones (izquierdo, directo y derecho). Ahora con las remodelaciones, la calzada queda reducida a dos carriles para solamente un giro derecho y un movimiento directo al norte que reúne el tráfico que antes hacía este mismo movimiento y hacía el giro izquierdo, con lo cual, se presume que la acumulación de vehículos será considerable, teniendo en cuenta, que al ser el movimiento del metroplus prioritario, y al ser este movimiento de giro derecho del sur al este, el ciclo del semáforo lo favorecerá, lo que merma el tiempo de verde de los vehículos que se dirigen al norte.

Para las zonas oeste y norte de la intersección, no hay remodelación de la geometría de los bordes de vía, y no hay modificaciones en anchos de vía y radios en las esquinas. No obstante, el ángulo de la intersección cambia de  $91^{\circ}43'$  a  $69^{\circ}23'$ , con lo cual, se hace necesario una ampliación de la apertura central, que pasa de 29m a 47m, valor ampliamente superior con la recomendación del manual que sugiere una apertura de 28.8m para un separador de 1.2m y con un radio de giro de 15m para los vehículos. Además, por los cambios en las pendientes y en los peraltes, los niveles de pavimento cambian en el centro de la intersección, y en cada zona, éste se adapta para empalmar de una forma correcta con el pavimento existente y que se va a mantener. A pesar de que estos cambios en perfil y en rasante son pequeños, la adaptación del pavimento es necesaria.

En cada esquina, los ángulos sufren modificaciones mínimas, lo que si cambia de una forma más grande son los radios, llegando a existir radios máximos de 8m, contra 15m que existía antes de la remodelación. La norma AASHTO nos indica un radio mínimo de 15m para velocidad de 30 km/h y ángulos aproximadamente de  $90^{\circ}$ , con lo cual, los nuevos radios quedan insuficientes para el giro adecuado del vehículo de diseño considerado que es el camión de una sola unidad. Esto representa un problema grande, ya que se empieza a incurrir en invasiones de carriles al momento del giro. Otro aspecto que no se cumple del manual, son las transiciones de los bordes de vía para ángulos de  $120^{\circ}$ ; además, el radio mínimo recomendado es de 9m, con lo cual, la esquina noroeste, donde es la entrada a la UdeA, no cumple con ningún requisito propuesto por la AASHTO, y como esta esquina no es remodelada en el proceso de adecuación, la problemática continuará sin solución.

Solo se presentaba un giro izquierdo directo, de sur a oeste, donde la calzada era de cuatro carriles. Al disminuir la calzada y entrar este giro en conflicto directo con el movimiento de giro derecho del metroplus, el giro izquierdo queda redireccionado de una forma indirecta, al tener que dirigirse un vehículo que viene del sur a la intersección de la Cra 55 con la Cll 70 para seguir con dirección este, luego a la Cll 70 con la Cra 52 para ir en dirección sur, y por último a la Cll 67 con la Cra 52 para proseguir en dirección oeste (Ver Figura 17 b)). El giro izquierdo oeste-norte, no es permitido, ni antes ni ahora, con lo cual, no hay problemas de interferencia al ser este giro indirecto.

Según las características geométricas, el realineamiento de la intersección es necesario al aumentar el ancho de calzada en la zona sur, lo cual hace cambiar el ángulo de la intersección,

pero este nunca disminuye de 60°, valor mínimo que nos dice el manual AASHTO para intersecciones de cuatro ramales en cruz. Los perfiles de las vías, en su mayoría, son menores del 3%, solo existiendo excepciones que suben la pendiente hasta el 3.55%, siendo el valor máximo excepcional permitido el 6%, lo cual hace aceptable el cambio. Sin embargo, se presentan quiebres sin curva vertical definida en la intersección. Este tema no es tratado directamente en el capítulo de intersecciones del manual americano, sin embargo, se puede sugerir una recomendación dictada por la experiencia que indica cambios no mayores del 1% en la pendiente, lo cual se cumple en las remodelaciones de la intersección.

En los peraltes, el manual AASHTO no presenta de forma directa las características que deben presentar, sin embargo, al no ser el sistema central de la intersección dado como un carril de giro o similar, el peralte se asemeja a las pendientes longitudinales. Viéndolo desde este punto, estos datos no tienen ningún inconveniente según el manual norteamericano, al tener una pendiente máxima del 3.8%. Para el carril canalizador, si se establecen criterios específicos a seguir para el peralte.

Las pendientes y el peralte, más que una responsabilidad geométrica para facilidades de giro, deben proporcionar una solución adecuada y óptima para el drenaje de la intersección. La dirección del drenaje se mantiene con las remodelaciones, direccionando el agua hacia la esquina noroeste.

Para el carril canalizador del volumen vehicular que pretende realizar el giro oeste-sur, las modificaciones son mínimas, ya que las únicas remodelaciones a sufrir son con la Cra 55. En términos de movimiento, si sufre un cambio puntual importante, y es el conflicto con el movimiento norte-sur habilitado. Para esto, la AASHTO recomienda radios en el borde de vía de 9m con transiciones. El radio que se presenta después de la remodelación es de 60m, más que suficiente para descartar este ítem como problema. Además, para los peraltes, se aceptan quiebres de máximo 3%, valor que se respeta, por lo cual no presenta inconvenientes.

Por la presencia del carril para giro exclusivo a derecha oeste-sur, aparece una isla canalizadora. La isla disminuye en sus dimensiones con la remodelación, pero sigue teniendo valores muy elevados con respecto a las normas AASHTO, que recomiendan áreas mayores a 9m<sup>2</sup>, y longitudes mayores a 4.5m. La nueva isla tiene un área de 850m<sup>2</sup> y una longitud mínima de 25m. Caso similar se presenta con los radios de las esquinas de la isla. El valor mínimo recomendado es de 0.6m, el valor mínimo que se presenta es de 1.5m.

Para las distancias de visibilidad de la intersección, la AASHTO las tiene en cuenta en sistemas controlados por señal de pare o sin control alguno, con lo cual se asume, que para un sistema controlado por semáforos, la distancia de visibilidad no es crítica ya que los movimientos del flujo son definidos en el tiempo, y por lo tanto, esta situación no es analizada. En Medellín, el giro derecho con precaución a pesar que el semáforo este en rojo es permitido, por lo cual, es bueno evaluar la distancia de visibilidad para esta situación, donde las características se asemejan a una intersección controlada por señales de pare, considerando simultáneamente, que este giro solo lo pueden hacer los vehículos de pasajeros. Para esto, el manual norteamericano nos indica que el triángulo asociado a la visibilidad debe tener 55m en el lado del carril de confluencia y 35m en el lado del carril desde donde viene el vehículo. Al analizar estas dimensiones en los giros sur-este, este-norte y norte-oeste se encuentra que no se cumple la distancia de visibilidad para todos los casos, debido a la presencia de edificaciones y a la estación UdeA del sistema Metroplus. Por esto, no es recomendable hacer este giro en ninguno de los casos.

En su mayoría, las remodelaciones se acomodan a los criterios indicados por la AASHTO. Sin embargo, características como los radios de las esquinas no se cumplen, lo cual influye negativamente en la correcta circulación de los vehículos. El carril canalizador existente es una adecuada representación de las características de giro exclusivo de los vehículos, con lo cual se mejora la movilidad.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La norma indicada por el INVIAS, comparada con el manual AASHTO, para el diseño geométrico de carreteras son similares, ya que, en Colombia, los criterios están basados en las indicaciones norteamericanas. Sin embargo, el INVIAS tiene su manual vigente desde 1998, con lo cual, los criterios son obtenidos de estudios propios, pero en su mayoría, de normas dictadas en fechas anteriores, siendo su principal fuente, el manual AASHTO de diseño geométrico de 1993.

La norma AASHTO de 2004 contiene criterios mejor detallados, más estudiados y mejor comprendidos que en sus versiones anteriores, pero la base de sus planteamientos, la organización de sus criterios y sus referencias son las mismas, con lo cual, existe una distribución similar entre las normas colombiana y norteamericana.

Para hablar de las intersecciones a nivel, el manual del INVIAS es muy conceptual, realiza una serie de descripciones de las características que influyen en la intersección y sobre los conceptos a aplicar para el mejoramiento del sistema, pero, en cuestión de datos, criterios específicos de diseño, es muy limitado, dejando así, las decisiones geométricas en manos de la experiencia del diseñador, o en la consulta de otras normas, como la de la AASHTO.

Existen criterios iguales, como el ángulo de la intersección, que debe ser entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ , asimismo, las configuraciones tratadas de la intersección son similares, al mencionar las intersecciones de 3 ramales y de cuatro ramales, sin embargo, el INVIAS no considera intersecciones de múltiples ramales. Los dos manuales son concebidos para intersecciones controladas por señal de pare, o sin control de tráfico, en ninguno se menciona la interacción con el semáforo.

En el INVIAS se recalca la necesidad de contar con datos de volúmenes de tránsito para realizar un diseño adecuado. En la AASHTO, se menciona la necesidad de sus cálculos, es un factor importante, pero su cálculo y valoración la hacen similar a la que se puede realizar para cualquier otro tipo de carretera, según el capítulo de volúmenes del manual americano.

Con respecto a las islas, se tiene una caracterización igual. Se tienen similares valores en áreas mínimas, longitudes adecuadas y anchos aceptables. Pero, el INVIAS considera a las islas canalizadas, separadoras y por seguridad con valores iguales, la AASHTO, separa estos tipos de islas y ofrece características propias de diseño para cada una de ellas, con lo cual amplía el concepto de las islas.

Para la distancia de visibilidad, el INVIAS solo trata el caso de intersecciones controladas por pare, la ASHTO es más versátil y manifiesta características para distintos controles de tránsito, e indica las fórmulas que se obtuvieron mediante la experimentación para entender la distancia mínima que por seguridad, necesita un vehículo para parar, mermar su velocidad o realizar un giro sin ningún problema. El INVIAS se limita a considerar giros derechos. La AASHTO considera giros derechos, izquierdos y movimientos directos.

Los dos manuales tratan temas tales como los carriles canalizadores y carriles adicionales para giros a la derecha, izquierda y en U. Se indican radios de giro, anchos de carril y transiciones de los bordes de la vía con los radios en las esquinas. Pero, el INVIAS se limita a una sola serie de valores para todos los casos posibles. La AASHTO hace un planteamiento detallado de estos valores según el tipo de vehículo que va a girar, según el ángulo de cada esquina, según la velocidad de diseño considerada. Se hace un planteamiento de los peraltes y como deben ser los quiebres para un desarrollo óptimo del giro analizado, y como dato adicional, menciona las aperturas del separador central necesarias para diversas clases de giro, cosa que el INVIAS no menciona.

En cuestión de carriles auxiliares, el INVIAS no indica valores precisos y concretos sobre las longitudes mínimas y máximas de aceleración y desaceleración para una adecuada incorporación

o retirada de los vehículos de la vía principal. La AASHTO, tiene toda una sección dedicada a este tema, menciona datos concretos que dependen de la velocidad de diseño.

Adicional a los temas mencionados anteriormente, el INVIAS no trata tópicos como:

- Pendientes mínimas y máximas en las intersecciones e intervalos de peralte aceptables y quiebres admisibles.
- Giros indirectos a la izquierda y en U.
- Carriles de cambios rápidos y giros a la izquierda simultáneos.
- Diseño con vías fachada.
- Interacción con bicicletas y líneas férreas.

Un tema muy importante que es considerado de una forma más amplia en el INVIAS es el diseño de las glorietas. Este manual introduce datos específicos para diámetros de islas centrales, anchos de entrecruzamiento, ángulos de entrada y salida, radios mínimos y sobreanchos, lo cual, indica al diseñador unas características básicas para el planteamiento de una glorieta. Además, indica conceptualmente, la forma de las glorietas partidas. La AASHTO, sobre este tema, solo se refiere a las glorietas modernas, indica conceptos sobre estas pero no se refiere a valores específicos ni diseños detallados para este tipo de glorietas y para glorietas de mayor capacidad, para lo cual se refiere a la consulta de otras normatividades.

En conclusión sobre las normatividades, la norma AASHTO es más completa, trata temas más diversos y detallados, tiene mejores consideraciones para distintos casos como el vehículo y la velocidad de diseño, menciona más formas de realizar los giros, ya sea de forma directa, indirecta, con carril exclusivo canalizador o por una apertura del separador central. Menciona criterios específicos para los cambios en pendiente y peralte, e indica conceptos para el trato con bicicletas y líneas férreas. El manual del INVIAS es limitado, simple y generaliza demasiado en los datos. En el único punto donde estas consideraciones se invierten es en el trato de las glorietas, ya que el INVIAS tiene indicaciones más precisas sobre el diseño, aunque no dejan de ser un poco generales y para situaciones ideales, pero en todo caso es más específico que la AASHTO, la cual se limita a mencionar las glorietas modernas.

Ya en la aplicación de la norma AASHTO en el diseño de las intersecciones en Colombia, la evaluación o el análisis de una sola intersección hace limitado y muy genérico la definición de su aplicación. Para esto, se recomienda evaluar distintas intersecciones en varios lugares de las principales ciudades del país y realizar una comparación similar a la presentada en este documento, y así obtener similitudes y diferencias entre lo existente o proyectado a construir, y las indicaciones que ofrece el manual americano sobre las intersecciones a nivel.

Para la intersección analizada, en el cruce de la Calle 67 (Barranquilla) con la Carrera 55 (Avenida del Ferrocarril), se concluye que la mayoría de los factores a tener en cuenta para tener una intersección a nivel óptima se encuentran dentro de las recomendaciones del manual norteamericano, siendo aspectos como los radios en las esquinas los que mas diferencias presentan. Pero es de analizar, si esta situación se presenta por un seguimiento de los manuales americano y colombiano, o se presenta, de acuerdo a la experiencia del diseñador y del constructor en el momento de realizar la intersección.

## **5. REFERENCIAS**

**Referencia 1.** MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de diseño Geométrico para Carreteras. Colombia: Instituto Nacional de Vías, 1998.

**Referencia 2.** AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington, D.C. AASHTO, 2004.