

## **1.1. GENERALIDADES**

El diseño geométrico urbano es el dimensionamiento físico de la infraestructura, diferenciándose así de otros aspectos del diseño como el estructural. El objeto del diseño es mejorar el entorno y las condiciones de circulación vehicular de acuerdo a las necesidades viales proyectadas.

Uno de los factores que influyen en el diseño urbano es la funcionalidad de las calles que pueden ser : de función social, que desempeña la vía pública como ámbito de relaciones que ligan la vida de cada persona, vecino, ciudadano, con la de su comunidad, vecindario o ciudad; función Ambiental o ecológica que es la que cumple la vía al proporcionar luz aire y un medio ambiente propicio en torno a los edificios; la funcionalidad del acceso se refiere a la utilización de la vía en el componente peatonal de un viaje vehicular, ya sea de personas o de bienes, tanto en los extremos de viaje como en los trasbordos, también comprende el ingreso de los vehículos o su salida de edificios, viviendas o predios así como el estacionamiento en la adyacencia de éstos; la función de tránsito o movilidad que es la que cumple la vía en tanto sirve a los movimientos vehiculares ya sea de una parte de la ciudad a otra, como desde o hacia el exterior de la misma.

La coordinación entre la planta y el alzado es de mucha importancia por lo que cada una tiene su función tal como el diseño altimétrico que tiene el objeto de vincular verticalmente dos rasantes, al menos una de ellas no horizontal. Que forman por lo tanto un cierto ángulo entre sí, los tramos rectos de distintas pendientes longitudinales se empalman mediante una parábola contenida en el plano vertical. El objeto del diseño planimétrico es vincular en planta dos alineamientos de rasantes que forman cierto ángulo horizontal entre sí, permitiendo desarrollar progresivamente las fuerzas centrífugas.

Dentro del diseño geométrico urbano es elemental contemplar las intersecciones que es el área en que dos o más vías se encuentran o se cruzan y el conjunto de plataformas y acondicionamientos que pueden ser necesarios para el desarrollo de todos los movimientos posibles o permitidos de vehículos y peatones. La localización y diseño de intersecciones constituye uno de los instrumentos para mantener la velocidad e intensidad del tráfico vehicular en niveles compatibles con las exigencias del entorno urbano.

Es importante lograr una buena integración entre la vía pública, la intersección y el entorno edificado, considerando el conjunto de condicionantes y exigencias mutuas y resolviéndolas, por ello se recomienda para el diseño previo de las intersecciones la consideración integrada del conjunto de los elementos urbanos edificados y no edificados que la circulan.

“El diseño consiste en esencia en combinar los elementos más adecuados a sus circunstancias específicas para que los movimientos producidos por los vehículos y los peatones se puedan llevar a cabo con comodidad y seguridad.



*Figura 1.1 Cuadrícula, típico esquema urbano.*

## **1.2. ANTECEDENTES**

Un resultado del trazo urbano son las calles de las ciudades, no obstante la geometría de las mismas no es el resultado de un trazo urbano planeado o proyectado, dentro del cual se tome en cuenta los factores del entorno y de los objetivos que tiene en sí una calle urbana que son; seguridad, comodidad y estética.

En el mundo y en algunos países de Latinoamérica el diseño geométrico de calles ha sido planeado y coordinado es por ello que estos países si cuentan con algunas normas para el diseño geométrico urbano como: las normas españolas CE-31, las normas argentinas IRAM-230. Concordamos en que las normativas y metodologías de diseño están establecidas con el criterio de emplearlas en proyectos de calles nuevas y no consideran su aplicación a calles de trazo urbano consolidado, donde aparecen otros aspectos que deben ser tomados en cuenta al momento de realizar el diseño geométrico, aspectos que de alguna manera hacen variar las metodologías planteadas y que es necesario replantearlas para su aplicación.

En nuestro país se percibe una deficiente geometría de las calles, debido a que las ciudades no han sido planificadas, porque son consecuencia de asentamientos urbanos y si presentan indicios de planificación, estos no fueron coordinados entre los proyectos arquitectónicos y la ingeniería de vías urbanas. Incluso el problema de tráfico vehicular en las ciudades se debe, además del gran crecimiento del parque automotor, al trazado urbano inadecuado existente en nuestro país.

El diseño geométrico de las calles tanto en planimetría como altimetría en trazo urbanos consolidados, tienen necesariamente restricciones de diseño de acuerdo a las condiciones de consolidación del trazo urbano y por lo tanto esas restricciones a su vez originan dificultades de diseño.

Lo que se pretende es realizar un estudio del diseño geométrico en vías urbanas para poder luego plantear un procedimiento que pueda ser adaptable a las particularidades propias de nuestra ciudad donde se tome en cuenta aspectos como las pendientes longitudinales de las calles ya construidas, ubicación de los servicios básicos, umbrales de las edificaciones, encuentro de las pendientes en las intersecciones y la visibilidad respectiva además de los

sistemas de drenaje. Se establecerá los parámetros que sean necesarios para el diseño geométrico de calles en ciudades consolidadas.

El desafío que representa enfrentar los problemas producidos por un proceso de urbanización acelerado como el que vive el país y la necesidad de metodologías para realizar el diseño es lo que lleva a realizar un estudio del diseño geométrico urbano y su coordinación planta alzado.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El trazo urbano ha sido consolidado a través del tiempo, debido a las construcciones realizadas por el asentamiento humano, sin una planificación adecuada y en el cual no se tomaron en cuenta los factores del entorno, en la mayoría de las ciudades se nota una deficiente geometría de las calles.

El trazo urbano obedece a una geometría dada desde su fundación y transmitida a través de los años en sus ampliaciones sin cambiar aspectos geométricos como anchos, pendientes, longitudes de cuadra, intersecciones, etc. Esto genera inevitablemente restricciones de diseño de acuerdo a las condiciones de consolidación del trazo urbano y por lo tanto esas restricciones a su vez originan dificultades y ya en el momento del diseño geométrico el proyectista se encuentra con aspectos que no toman en cuenta las normas, ni las metodologías existentes, cuando hay condiciones de entorno como viviendas y edificios ya construidos, alineamientos y niveles de umbrales de las mismas ya definidas, encuentro de pendientes muy variables, servicios básicos construidos sin relación con la geometría de las calles y por lo tanto el proyectista se ve en la necesidad de realizar un ajuste a criterio, que en ocasiones pueden resultar soluciones acordes y en otras no, por lo tanto consideramos importante realizar una evaluación la cual me origine un procedimiento que permita establecer valores, parámetros y una secuencia de diseño geométrico que sea adecuada y tome en cuenta las condiciones de entorno en ciudades de trazo urbano consolidado.

Dentro de esa realidad por una lógica en el desarrollo de las ciudades, éstas tienden a seguir un proceso de mejoramiento de sus vías tanto desde el punto de vista geométrico como estructural, en primer lugar se debe definir como aspecto esencial la geometría, cuyo diseño

adquiere un análisis especial debido a que deben tenerse en cuenta aspectos adicionales en el trazado.

Sin duda este tema tiene importancia ya que permitirá hacer un análisis del diseño geométrico en calles de ciudades de trazo urbano consolidado y estudiar un procedimiento que se adecúe con las características y necesidades de nuestras ciudades, es necesario plantearnos una respuesta en la que se tome en cuenta los aspectos particulares cuando se tiene un trazo urbano consolidado, y que nos permita identificar los parámetros en forma clara y concreta, la secuencia que se debe seguir en el diseño y los resultados para una adecuada coordinación entre planta y alzado.

El diseño geométrico de vías urbanas son un complejo campo de acción, puesto que ellos demandan tener en cuenta no solo los factores propios matemáticos del diseño, sino también, que al tratarse de trazos urbanos consolidados estos presentan restricciones de diseño de acuerdo a las condiciones de consolidación y por consecuencia estas restricciones originan dificultades de diseño.

Es importante que los futuros ingenieros comprendamos el funcionamiento óptimo de un sistema vial que garantice la movilidad urbana en una ciudad en concordancia con el trazado geométrico existente y se logre condiciones óptimas de seguridad, calidad y confort.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Realizar una evaluación del diseño geométrico urbano y su coordinación planta alzado en ciudades con trazo consolidado.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Analizar conceptos básicos del diseño geométrico de vías urbanas, de acuerdo a manuales, metodologías y normas de otros países y de Bolivia.

- Establecer parámetros para el diseño geométrico de calles en ciudades de trazo urbano consolidado, considerando las características del entorno y otros factores.
- Realizar un estudio morfológico y analítico de los tipos de intersecciones que se presentan en un diseño geométrico de vías urbanas.
- Establecer consideraciones técnicas en trazos urbanos consolidados, en su contextualización y en las restricciones respecto al diseño geométrico.
- Analizar parámetros establecidos y a partir de ello, desarrollar un procedimiento metodológico en el diseño geométrico de calles de ciudades de trazo consolidado, identificando su viabilidad en un software de diseño ya desarrollado.
- Efectuar la aplicación del procedimiento de diseño planteado, en un estudio del distrito dos de la ciudad de Bermejo.
- Realizar una comparación de diseño de algunas calles de la ciudad de Tarija con los resultados planteados por la metodología propuesta.
- Realizar la valoración de la metodología propuesta para el diseño de calles e intersecciones urbanas.
- Establecer conclusiones y recomendaciones respecto al diseño geométrico urbano consolidado.

## **1.6. ALCANCE DEL PROYECTO**

El alcance del presente trabajo dirigido titulado “EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO URBANO Y SU COORDINACIÓN PLANTA- ALZADO” tiene como fin desarrollar un procedimiento de diseño geométrico de calles en ciudades de trazo

urbano consolidado, para lo cual se debe definir como aspecto esencial la geometría, cuyo diseño adquiere un análisis especial por la consolidación del trazo urbano.

El diseño geométrico de las calles tanto en planimetría como altimetría en trazo urbanos consolidados, tienen necesariamente restricciones de diseño de acuerdo a las condiciones de consolidación y por lo tanto esas restricciones a su vez originan dificultades de diseño, por lo que es necesario analizar profundamente sus distintos elementos geométricos como ser: el ancho de la calzada, el alineamiento de la calzada, la pendiente longitudinal, el alineamiento de los cordones y aceras, el nivel de aceras, la pendiente transversal, los umbrales de las edificaciones, la ubicación de redes e instalaciones de servicios básicos, etc. Todos estos elementos tienen su importancia dentro del diseño geométrico pero cuál el criterio prioritario, sin duda los criterios con los que debe partir el diseño geométrico de calles urbanas son que el diseño geométrico de calles urbanas debe estar orientada a establecer que esta geometría sea la más adecuada en cuanto a ancho, alineamiento y pendiente priorizado sobre las condiciones de entorno como cordones, aceras, redes de servicios, etc. Además que el diseño geométrico de las calles urbanas debe permitir un libre escurrimiento de las aguas superficiales de manera que el flujo sea constante y no exista empozamientos de agua.

El alcance propuesto tendrá la siguiente secuencia en su realización:

Se realizará una introducción general donde se hará un detalle de antecedentes de diseños geométricos urbanos consolidados, explicando las razones que hicieron posible la elección del tema, exponiendo los objetivos que se pretende alcanzar con el proyecto y hasta donde se quiere llegar con la aplicación del mismo.

Para desarrollar este estudio es necesario tener un amplio conocimiento tanto de conceptos como de los elementos que caracterizan los diseños geométricos en ciudades con trazos consolidados, además de conocer los diferentes factores que intervienen en el diseño.

Para poder establecer una metodología en el diseño de calles urbanas consolidadas es necesario reunir y analizar toda la información sobre tipos de vías urbanas, parámetros de diseño como la velocidad de tráfico, el ancho de calzada, el ancho de aceras, bordillos, iluminación, estacionamientos laterales, y tomando en cuenta que los diseños geométricos

de carreteras y vías urbanas son un complejo campo de acción, puesto que ellos demandan tener en cuenta no solo los factores propios matemáticos del diseño, sino también el impacto social y ambiental que el diseño pueda generar mediante la alteración del espacio público, las intersecciones viales ofrecen un potencial de investigación en diseño geométrico de vías, y en virtud a ello analizaremos su morfología además de las ventajas y desventajas que pueden presentar de ser utilizados, es decir se estudiará: intersecciones en T, intersecciones en Y, intersecciones en cruz +, intersecciones rotatorias, por qué hacemos énfasis en este punto, porque los encuentros o intersecciones son una parte importante de una instalación vial porque la eficiencia, seguridad, velocidad, costo de operación, y capacidad de la vía dependen de su diseño, el objetivo principal del mismo es propiciar la conveniencia, rapidez y comodidad de la gente que atraviesa la intersección, en tanto se realiza el movimiento eficiente de los vehículos automotores, ómnibus, camiones, bicicletas, y peatones.

El alineamiento de una carretera o calle produce gran impacto en el entorno, tejido de la comunidad y usuario vial. El alineamiento comprende una variedad de elementos unidos para crear una vía que sirva al tránsito en forma segura y eficiente coherente con la función deseada. Para producir un diseño coherente, seguro y eficiente, cada elemento del alineamiento debería complementar a los otros. Por esta razón se realizará un análisis de los elementos de coordinación de trazos urbanos consolidados, tomando en cuenta su contextualización y las restricciones de diseño geométrico que conllevan estos trazos.

A partir de este conocimiento adquirido en un estudio exhaustivo se realizará un procedimiento para el diseño de calles urbanas consolidadas y su coordinación planta – alzado.

Se realizará la aplicación de un software en el diseño de calles urbanas, que de acuerdo a las posibilidades se adecue al manejo que se requiere, que en este caso serán los programas Auto Cad y Land Cad.

El estudio, análisis y la realización de la metodología para el diseño de calles urbanas consolidadas se aplicará en la ciudad de Bermejo, en el distrito 2, que justamente no cuenta con un diseño, para ello se determinará las características del área de estudio, se establecerá

los tipos de vías que se presentan en la misma y se realizará el proceso de diseño con la coordinación planta – alzado y la aplicación de software, haciendo una valoración de los resultados obtenidos. Pero además se realizará el diseño de algunas intersecciones de la ciudad de Tarija para poder hacer una comparación.



*Figura 1.2 Situación actual de la calle Potosí de la ciudad de Bermejo.*

Una vez realizada la valoración y a partir de los resultados de la aplicación de una metodología de diseño, se podrá obtener conclusiones y establecer las recomendaciones necesarias para el diseño de calles urbanas consolidadas.

## 2.1. INTRODUCCIÓN

Una calle es un espacio urbano lineal que permite la circulación de personas y, en su caso, vehículos y da acceso a los edificios y solares que se encuentran a ambos lados. Cada calle es un elemento que forma parte del conjunto de la red viaria dentro de los núcleos urbanos. Estas calles poseen una serie de funciones que se deben insertar en los distintos sistemas urbanos, como los transportes, los espacios libres, los equipamientos y las dotaciones e infraestructuras.



*Figura 2.1 Tramo inicial de la calle Alcalá de Madrid.*

El espacio de la calle es de longitud indefinida, sólo interrumpida por el cruce con otras calles o, en casos singulares, por el final de la calle, en una plaza, en un parque urbano, en otra calle, etc., o por el final de la ciudad en el límite con el campo.

Los rasgos principales que asociamos a una calle en un pueblo, una villa o ciudad son:

- 1.- La calle es, en primer lugar, una vía o camino para ir de un sitio a otro de la población. La calle, salvo algunas excepciones, es un espacio de circulación tanto de personas como de vehículos.

2.- La calle es un espacio público urbano, es el soporte de las actividades ciudadanas no privadas como: el ir a casa, al trabajo o a la escuela, el paseo, el juego infantil, encontrarse con los amigos o los vecinos, etc., y también de las actividades ciudadanas públicas (ver puntos 3 y 4).

3.- La calle es lineal, la dimensión longitudinal predomina en ella y en las infraestructuras asociadas (hileras de casas, de árboles, de farolas, etc.) así como en las actividades sociales que en ella tienen lugar como son : las procesiones, manifestaciones, desfiles, etc., así como las ferias, los mercadillos, las fiestas populares que tienen su lugar y se desparan a lo largo de las calles, y como éstas, confluyen en las plazas principales de las poblaciones.

4.- Los edificios o, en su caso, los solares (futuros edificios) flanquean la calle, y con ellos asimismo la envuelven las actividades asociadas: el comercio, los escaparates, la información, los reclamos publicitarios o de todo tipo, así como la propia arquitectura, las esculturas, el diseño y una serie de hechos o manifestaciones culturales, o estéticas que tienen en la calle su escenario, como : determinados deportes, músicas, danzas, artes, etc. y el turismo que se hace y vive en la calle.

Gustavo Giovannoni decía que las calles que en otros tiempos se usaban casi exclusivamente para delimitar el espacio construido y dar acceso a los edificios, se han convertido, en la ciudad moderna, en contenedores de la circulación de vehículos y personas, *«...las calles son los verdaderos órganos del movimiento de las ciudades »*. Al hilo de esta reflexión, Giorgio Rigotti en su *«Tratado de Urbanismo»* señala que la definición de la vía urbana puede ser expresada en los siguientes términos *«Las vías urbanas son las franjas de terreno utilizadas principalmente por el movimiento de vehículos y peatones, y en segundo término, como a elementos en los cuales, quienes confrontan, tienen derecho de acceso y de captación de luz y aire»*. Así vemos como los edificios, mayoritariamente tienen acceso desde la calle y sobre ella abren portales, ventanas y balcones.



*Figura 2.2 Calle de la antigua Pompeya (Italia), con la sección tipo de calzada, aceras y bordillos.*

## **2.2. TIPOS DE VÍAS URBANAS**

Las vías urbanas son vías diseñadas para poder brindar todas las comodidades de locomoción tanto peatonal como vehicular en las ciudades.

Las vías de una red urbana de toda ciudad representan la parte más importante de las inversiones en infraestructura y es el activo físico de mayor cuantía para la ciudad e incluso para el país. Por tanto el diseño, construcción y conservación de las vías urbanas no tiene solo incidencia en la parte económica sino también en el fortalecimiento del patrimonio y el desarrollo integral de una ciudad.

Existen diversos criterios de clasificación de las calles, que no son excluyentes entre sí. Estos criterios son los que los proyectistas deben considerar como variables que inciden en

la calle. En cada caso concreto se deberá dar prioridad a uno u otro criterio para ganar en operatividad. Los criterios más habituales son:

- Según su funcionalidad.
- Grado de integración de los tráficos. El criterio valora los modos de transporte que se realizan en la vía urbana.
- Según su geometría.
- Actividad dominante del entorno de la calle.
- Anchura de la calle.
- Paisaje urbano.

#### **2.2.1. Según su funcionalidad**

La red vial que permite el movimiento de personas y bienes en el área urbana ha sido jerarquizada con el fin de especializar flujos y racionalizar los perfiles, adecuándolos a los requerimientos necesarios y los modelos de transporte. La jerarquización realizada para el Plan Director de Tarija es la siguiente:

- ❖ Los Distribuidores Regionales.
- ❖ Los Distribuidores Principales.
- ❖ Los Distribuidores Distritales
- ❖ Los Distribuidores Sectoriales
- ❖ Los Distribuidores Locales.
- ❖ Las Calles de Acceso.
- ❖ Las Calles Peatonales.

Cada una de estas jerarquías cumple una función distinta, posee distinta capacidad y tiene un perfil adecuado a su función.

### **2.2.1.1. Distribuidores Regionales**

Tiene por finalidad servir al tránsito rápido de acceso nacional y regional al área urbana y también el tráfico de paso. Constituyen la principal jerarquía al nivel microregional y forman parte de la Red Troncal Regional.

El Plan Director de Tarija define como Distribuidor Regional a escala microregional a la carretera Potosí – Padcaya y a la carretera Villamontes – Entre Ríos – Tarija.

Su diseño final requiere de dos o más carriles en cada sentido de marcha en el área urbana extensiva y un carril en cada dirección en las zonas fuera de las áreas urbanas.

Además en el caso de existir lotes que tienen acceso directo sobre la misma, se requieren calles laterales de servicio, que deben funcionar de doble mano; con todo lo anterior, las vías de carácter regional requieren de un derecho de vía de 70 mts. (Ver perfil tipo)

### **2.2.1.2. Distribuidor Principal**

Tiene como finalidad enlazar las vías de carácter regional, canalizar el tráfico pesado en el área urbana y unir funciones urbanas de mucha importancia que se encuentren muy separadas entre sí. El Plan Director de Tarija plantea un solo Distribuidor Principal que funciona como un anillo interno de distribución, une las dos zonas industriales y evita el paso del tráfico pesado por la Avenida Las Américas. Dicho Distribuidor, de 4.200 mts. de longitud, arranca en el Puente sobre la Quebrada del monte en la carretera a Bermejo y termina conjugándose con la carretera a Potosí, en la zona de Las Pilastras.

Su perfil debe tener como mínimo dos carriles de marcha en cada sentido, separados por un jardín central, para el tráfico veloz, vías laterales de servicio en el caso de que existan lotes con acceso directo, estacionamiento de los carriles de circulación y pistas para bicicletas. El derecho de vía mínimo con vías laterales de servicio a ambos lados sería de 50 mts., 39 mts. cuando existen acceso a los predios que limitan la Avenida (Ver perfiles tipo).

### **2.2.1.3. Distribuidores Distritales**

Tienen como finalidad conectar los sectores residenciales, industriales y centros comerciales entre sí, Constituyen básicamente la conexión entre los Distritos y el Área Central.

Su diseño definitivo prevé dos carriles de marcha en cada sentido, divisor central y estacionamiento sobre la vía. En caso de requerirse los estacionamientos laterales, el derecho de vía mínimo es de 27 mts. y 22 mts. sin estacionamiento lateral. Es indispensable la pista para bicicletas en uno de los lados. (Ver perfiles tipo).

El modelo prevé una red de 9.200 ml. de Distribuidores Distritales a mejorar en áreas en proceso de consolidación y 7.330 ml. de Distribuidores Distritales completamente nuevos.

### **2.2.1.4. Distribuidores Locales**

Tienen como finalidad el tráfico originado y destinado y/en otras áreas específicas, barrios y unidades vecinales, vinculándolas con los Distribuidores Distritales, o uniendo zonas sin mucho volumen de tráfico. Su función primordial es canalizar el tráfico de los vehículos de transporte público, motivo por el cual ningún área poblada debe estar a más de 400 mts. de por lo menos un Distribuidor local.

Su diseño final debe prever por lo menos un carril de marcha en cada sentido, además de los estacionamientos laterales, o dos carriles laterales si no existen dichos estacionamientos. Particular importancia asume en este caso el control de estacionamiento, pues no existe posibilidad de contar con carriles de reserva. Se incluirá además un carril especial para bicicletas.

Se requiere un mínimo de 18.65 mts. de derecho de vía si funciona en dos sentidos, y 16.16 mts. en un solo sentido. (Ver perfil tipo).

El modelo plantea 6.560 ml. en área consolidada y 10.890 ml. en áreas nuevas.

#### **2.2.1.5. Calles de acceso**

Tienen como finalidad dar acceso a los lotes vinculándolos con los distribuidores locales. Aparte de la zona industrial, su diseño no debe estar hecho para recibir tráfico pesado.

Su diseño debe prever un derecho de vía mínimo de 11 mts. No son indispensables las ciclopistas. (Ver perfiles tipo).

Constituyen esta jerarquía todas las vías que además de las anteriores, conforman el resto de la trama urbana.

#### **2.2.1.6. Calles Peatonales**

Se utilizan para acortar las distancias peatonales al interno de las unidades residenciales interrumpiendo los manzanos. No es aconsejable su uso si existen predios cuya única salida es hacia ese tipo de calle, salvo en casos justificados de conjuntos habitacionales, en los que hay un tratamiento unitario.

#### **2.2.1.7. Control de Acceso.-**

Requieren de control de acceso, o sea no pueden tener predios que acceden directamente, los Distribuidores Regionales y Principales, salvo la existencia de la vía lateral de acceso, la presencia de predios ciegos, o sea la salida hacia otras vías.

#### **2.2.1.8. Vías Laterales de Acceso**

Cuando en una vía (regional o principal) en la que existe control de acceso, los lotes tienen salida hacia otras calles (fondo de lote) se eliminarán 9 mts. al ancho total necesario del Derecho de Vía mínimo.

Esta clasificación funcional de las calles es la que se tomará en cuenta en este trabajo.









### 2.2.2. Según el grado de integración de tráfico

Las calles que conforman el viario urbano pueden clasificarse en función de los tráficos que soportan. De esta manera, las calles pueden ser monomodales y plurimodales.

❖ Las vías urbanas monomodales son aquellas que admiten un único modo de transporte, como el peatonal, o el transporte colectivo. Ejemplos de vías urbanas monomodales son:

- Las calles peatonales
- Las calles exclusivas de vehículos motorizados
- Las calles exclusivas de transporte colectivo.

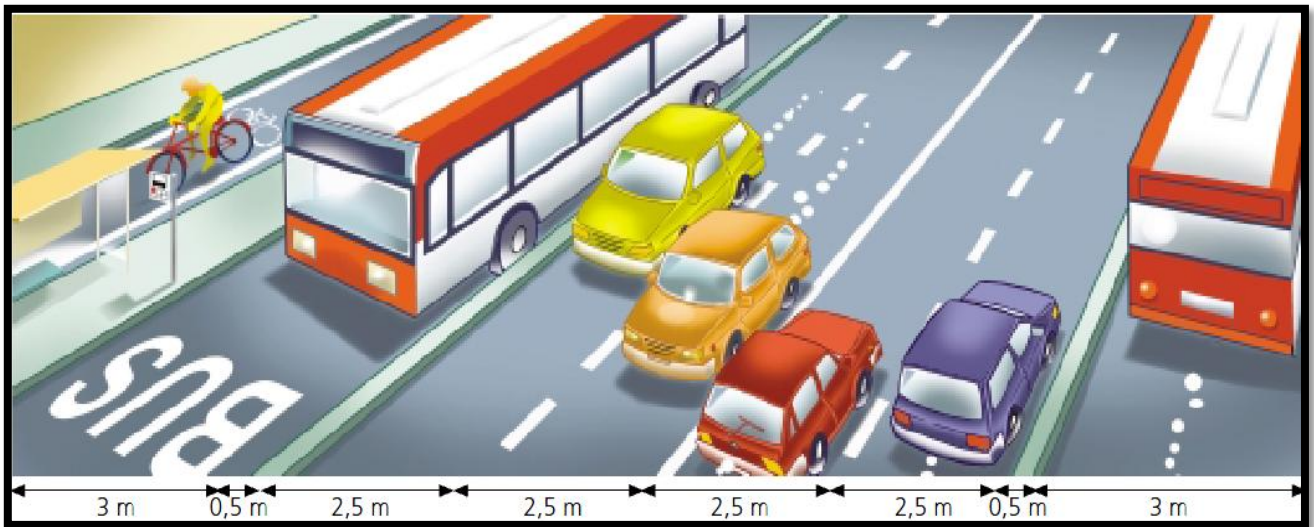


*Figura 2.7 Ejemplo de vía monomodal, calle peatonal.*

❖ Por su parte, las vías urbanas plurimodales son aquellas en las que discurre más de un modo de transporte, las cuales, a su vez, se categorizan en:

- Vías de segregación total de tráficos son aquellas en las que cada modo circula por su propia banda exclusiva, como la calzada, la acera, los carriles-bus o los carriles-bici.

- Vías con segregación parcial de tráfico son aquellos donde los modos motorizados se sitúan en la calzada mientras que los no motorizados se desarrollan en la acera.
- Vías de coexistencia de tráficos son las vías urbanas en las que hay una asignación genérica de espacios por funciones, con posibilidad de mezcla de tráficos.



*Figura 2.8 Ejemplo de vía plurimodal, vía de segregación total.*

### **2.2.3. Según su geometría**

Una calle urbana tiene distintos elementos geométricos como ser:

- El ancho de la calzada
- El alineamiento de la calzada
- La pendiente longitudinal
- El alineamiento de los cordones y aceras
- El nivel de aceras
- La pendiente transversal
- Los umbrales de las edificaciones
- La ubicación de redes e instalaciones de servicios básicos, etc.

Todos estos elementos tienen su importancia dentro del diseño geométrico, pero cuál el criterio prioritario, sin duda el criterio prioritario con el que debe partir el diseño

geométrico de calles urbanas es: “El diseño geométrico de calles urbanas debe estar orientada a establecer que esta geometría sea la más adecuada en cuanto a ancho, alineamiento y pendiente priorizando sobre las condiciones de entorno como cordones, aceras, redes de servicios, etc.”

#### **2.2.4. Según la actividad dominante de la calle**

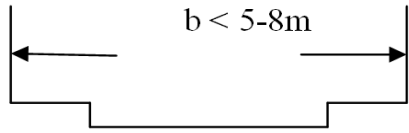
Se refiere principalmente, a la densidad de la actividad dominante, ya que raramente una calle presenta un único uso. Con arreglo a ello, las calles pueden ser:

- Calles residenciales
- Calles industriales
- Calles comerciales o de oficinas
- Otros usos predominantes (vías parque, autovías urbanas, etc.)

#### **2.4.5. Según la ancho de la calle**

Dentro de los criterios que se pueden emplear para clasificar las vías urbanas, se encuentra la anchura de las mismas. Este criterio guarda una relación con la capacidad de tráfico e indirectamente con su importancia dentro de la red viaria urbana. Este criterio no es excluyente de clasificación del viario, pero suele emplearse en algunos casos como criterio reduccionista para ciertos fines. Atendiendo al criterio, las vías urbanas se pueden clasificar en: vías estrechas, vías medias y vías anchas.

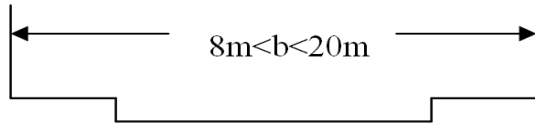
Los valores de anchura de calle que separan los diferentes tipos dependen del tamaño de la ciudad. Por ello, en la clasificación no se otorga un valor que limite cada uno de los tipos de vía sino que se proporciona un intervalo correspondiente con una población de tamaño medio. Las vías estrechas son aquellas cuya anchura es igual o inferior al intervalo (5m-8m). Las calles medias corresponden a las vías donde la distancia entre las líneas de edificación está entre 8m y 20 m. Por su parte, las calles anchas son las que su anchura es superior a 20 m.



Estrecha



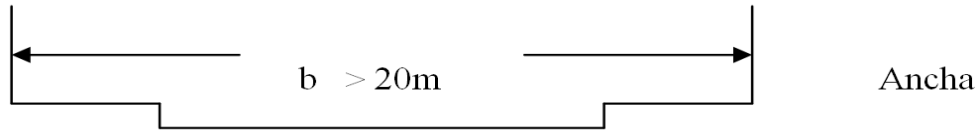
Figura 2.9 Calle Corrado y Ballivian. Ciudad de Tarija.



Media



Figura 2.10 Calle Daniel Campos. Ciudad de Tarija.



*Figura 2.11 Ejemplo de calle ancha.*

#### **2.4.6 Según el paisaje urbano**

El tejido urbano en el que se ubica una calle es un criterio de clasificación de la misma. Atendiendo a este criterio, las calles se pueden agrupar de forma muy variada, aunque se pueden otorgar los siguientes tipos:

- Calles en núcleos históricos
- Calles en núcleos tradicionales
- Calles del ensanche decimonónico
- Calles de los ensanches modernos
- Otros tipos de calles

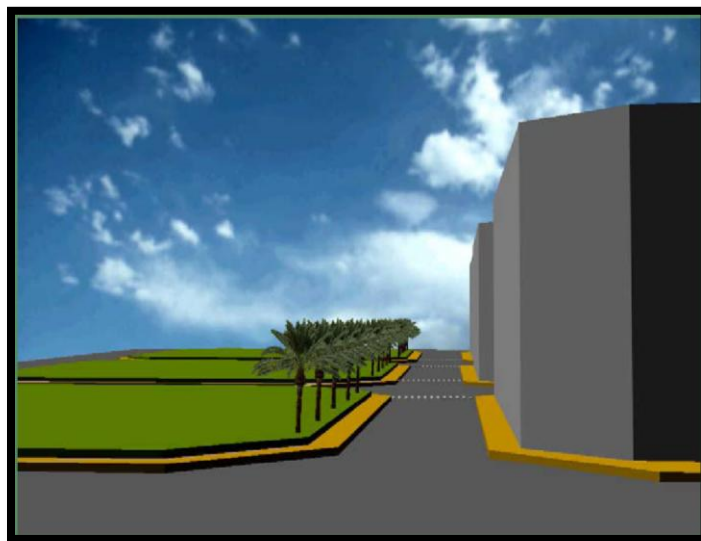
Las calles en núcleos históricos son calles cuyo paisaje urbano corresponde con el de un núcleo histórico. Estas calles, en general, son estrechas, con un trazado irregular y con un entorno arquitectónico y urbano de gran valor histórico ambiental.

Las calles en núcleos tradicionales son vías urbanas que se enclavan en pequeños pueblos rurales o en núcleos urbanos periféricos. Estas vías, en general, son estrechas y con un trazado irregular.

Las calles del ensanche decimonónico son las vías urbanas que corresponden con las extensiones urbanas del siglo XIX y principios del XX. Estas vías urbanas en su concepción ya se contemplan las necesidades del tráfico rodado, como la ortogonalidad, las anchuras medias o la segregación de peatones y vehículos.

Las calles de los ensanches modernos son las extensiones urbanas del siglo XX y XXI. La concepción de estas vías urbanas considera las necesidades del tráfico rodado, al igual que en los ensanches anteriores, pero, en general, en el marco de paisajes urbanos de edificación abierta o unifamiliar extensa.

Los otros tipos de calles corresponden con las vías parque, las rodas o vías periféricas, los paseos marítimos, los bulevares, los paseos fluviales, etc. Generalmente estas calles se encuentran ligadas a las grandes aperturas de calles y derribos de las cercas y murallas medievales de los núcleos históricos.



*Figura 2.12 Incidencia del paisaje urbano en el diseño de una calle.*

## **2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO EN VÍAS URBANAS**

Uno de los aspectos que marca la diferencia entre una vía urbana y otro tipo de vía es que en las vías urbanas existe la presencia masiva del hombre, aspecto muy importante que impone el diseño de las mismas, tomando en cuenta todos los implementos que serán necesarios para brindarle al mismo los servicios precisos para las actividades que desarrolla cotidianamente.

En las vías urbanas ya no existirán los arcenes o bermas ni las cunetas, pero se implementan las aceras, estacionamientos, instalaciones de alumbrado exterior o lo que se llama alumbrado público y es así que las carreteras se convierten en calles.

Así mismo los servicios de drenaje que en carreteras son superficiales, en vías urbanas deben ser subterráneos.

Otras características de las vías urbanas, vienen a ser las intersecciones o encuentros ya que para su diseño en calles se deben tomar en cuenta varios aspectos que derivan precisamente del ámbito urbano, de igual manera la velocidad de circulación, radios de giro, esfuerzos de frenado, tipo de vehículos son también características que presentan estas vías.

Pasaremos a explicar brevemente cada uno de los parámetros de las vías urbanas que marcan la diferencia con respecto a las carreteras, ya que un estudio más detallado lo veremos en el siguiente capítulo.

### **2.3.1. Velocidad de tráfico**

La velocidad de tráfico vehicular es la relación existente entre espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que tarda en recorrerlo.

$$V = \frac{\text{Espacio recorrido}}{\text{tiempo}}$$

En vías urbanas las velocidades vehiculares son mucho menores que en las carreteras, debido a varios factores que obligan a los conductores a circular con velocidades bajas como ser las intersecciones, y el peligro que representa el conducir en vías urbanas por el hecho mismo de la presencia de peatones y otros motorizados.

### 2.3.1.1. Velocidad de diseño

Velocidad de diseño (Velocidad específica) es la máxima que puede desarrollar un vehículo en compatibilidad con una situación de seguridad y comodidad admisibles y en condiciones favorables ambientales y de tráfico.

Velocidad de circulación (velocidad práctica) suele ser un valor medio de un grupo de vehículos en movimiento fluido y continuo y en circulación paralela, es decir es la velocidad media del conjunto de vehículos que están dentro del flujo vehicular, para determinar esta velocidad se toma los valores medios de las velocidades de punto, se hace una sumatoria de dichas velocidades y se saca un promedio, siendo ese valor el que consideramos velocidad de circulación.

$$V_{\text{circulación}} = \frac{\sum_{i=1}^n \overline{V_p}}{n}$$

*Donde:*

$V_{\text{circulación}}$ : Velocidad de Circulación.

$V_p$ : Valores medios de las velocidades de punto.

$n$ : Número de velocidades de punto.

La velocidad de diseño no es, en las calles un factor tan determinante como lo es en carreteras en campo abierto. Existen otros parámetros (intersecciones, semáforos, etc.) que condicionan mucho más su funcionalidad. En vías en las que el movimiento de los automóviles no es el factor básico de proyecto (por ejemplo, en vías locales de tráfico restringido) el concepto de velocidad de diseño pierde su sentido.



*Figura 2.13 Velocidad de circulación.*

### 2.3.1.2. Velocidad de diseño recomendada

En el siguiente cuadro se muestran valores que son meramente indicativos: las circunstancias concretas de cada calle determinarán su velocidad de diseño.

**CUADRO N°1** Velocidades de diseño recomendadas

JERARQUÍA	DESIGNACIÓN	DERECHO DE VÍA	CAPACIDAD POR CARRIL VEH/H.	VELOCIDAD
I	D. REGIONAL	70 MTS.	1	80
II	D. PRINCIPAL	48-30 MTS.	900	60
III	D. DISTRITAL	27-22 MTS.	500	45
IV	D. LOCAL	18.65-16.00 MTS	400	40
V	C. ACCESO	30 MTS.	300	30

*Fuente: Dirección de ordenamiento territorial. Gobierno Municipal de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado.*

### 2.3.2. Ancho de carril y calzada

La calzada es la zona de la sección transversal destinada a una circulación segura y cómoda de los vehículos. Para ello es necesario que su superficie este pavimentada de forma que sea posible utilizarla prácticamente en todo tiempo, salvo quizás en situaciones meteorológicas excepcionales. El tipo de firme, en general, no está relacionado con sus dimensiones.

El carril es una franja longitudinal en que puede estar dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales y con anchura suficiente para la circulación de una fila de automóviles.

El número de carriles es fundamental para determinar el nivel de servicio que puede conseguirse, y por ende tiene un efecto marcado en la seguridad y en la capacidad de tráfico de una calle.

El ancho de carriles depende de las dimensiones de los mayores vehículos que utilizan la vía y de otras consideraciones:

- ❖ Cuanto mayor sea la velocidad, mayor es la oscilación de la posición transversal del vehículo dentro del carril, y por tanto el ancho de este debe ser mayor.

- ❖ Cuando el radio de curvatura es reducido, como en las vías de giro de las intersecciones en la mayoría de los ramales de los enlaces, y aun en algunas calles , es necesario un ancho mayor que el normal en tangente.

El ancho de los carriles tiene, además, repercusiones sobre el nivel de servicio.

- ❖ El mínimo de carril teniendo en cuenta la presencia de camiones es de 3.00 m con un estándar fuera de poblado de 3.50 ó 3.60m.



*Figura 2.14 Ancho de calzada.*

### **2.3.3. Aceras**

Las aceras son las zonas o partes de las vías que se encuentran dedicadas exclusivamente al uso y servicio de los peatones, las mismas se encuentran ubicadas a ambos lados de la calzada. En calles residenciales se suele colocar entre la calzada y la acera una franja de césped, con el motivo de alejar a los peatones de la calzada y así evitar los accidentes debido a que en estas zonas generalmente los conductores suelen aumentar la velocidad por no existir demasiado volumen de tráfico; el césped también es colocado por razones estéticas, existiendo para todo esto normas de los anchos mínimos y máximos adecuados que se deben emplear en el diseño. En calles comerciales no se acostumbra a usar césped

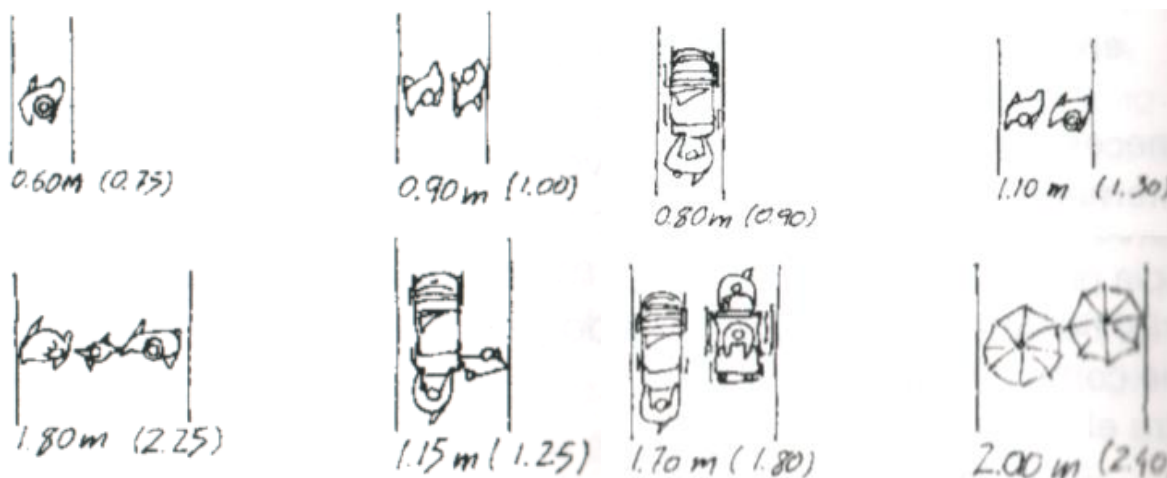
ya que el volumen de peatones en estas zonas es mayor y es necesario un ancho mayor de las aceras para la comodidad de los mismos.

Para poder proyectar un ancho adecuado de las aceras es necesario tener una idea del volumen peatonal que va a circular por la misma a fin de proporcionar la capacidad apropiada, siendo el modulo de anchura correspondiente a una persona igual a 0,75m; para permitir que se crucen dos personas, la anchura mínima debe ser d 1,50m.

**CUADRO N°2** Anchos de aceras recomendados.

TIPO	ANCHURA	
	RECOMENDADA (m)	MINIMA (m)
Movimiento de una persona	0,75	0,60
Una persona con cochecito	0,90	0,80
Cruce de dos personas	1,00	0,90
Dos personas en paralelo	1,30	1,10
Dos personas con niño	2,25	1,80
Persona con cochecito y niño	1,25	1,15
Cruce de minusválido y persona con C	1,80	1,70
Dos personas con paraguas	2,40	2,00

*Fuente: Recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano (L. Felipe Manchón y Juan A. Santa mera)*



*Figura 2.15 Espacios en metros que pueden ocupar peatones en las aceras.*



Figura 2.16 Ejemplo de aceras en la ciudad de Tarija.

#### 2.3.4. Bordillos

Los bordillos son piezas de piedra u hormigón, verticales o inclinados, que se suelen colocar a ambos lados de la calzada de las vías de acuerdo a su función se pueden clasificar a los bordillos en tres tipos:

a) *Bordillos traspasables*. Son los que tienen como fin dificultar algo la salida de los vehículos de la calzada, pero pueden ser traspasados fácilmente por los mismos en casos de urgencia o necesidad. Estos tienen un talud que suele ser de 1 a 1 ó 2 a 1. Reducen el ancho efectivo de la calzada (por alejarse los vehículos de ellos) en unos 20 cm. de día, pero la reducción por la noche es nula.

b) *Bordillos barrera normales*. Son los más usados en nuestras ciudades, se proyectan para evitar que los vehículos que vayan a bajas velocidades puedan subir fácilmente a las aceras y atropellar fácilmente a los peatones o invadir zonas dedicadas a césped. Tienen de 15 cm. de altura en adelante pero no deben pasar de 20 cm. a fin de que no dañen a los automóviles que se estacionen contra ellos. Por lo tanto los vehículos pueden traspasarlos en casos de necesidad muy urgente, aunque dando fuertes golpes si no reducen su velocidad considerablemente. Restringen el ancho de las calzadas de 0.3 a 0.9m.

c) *Bordillos barrera altos*. Tienen más de 20 cm. de altura y su misión es impedir a toda costa que los vehículos se salgan de la calzada son usados en sitios peligrosos tales

como puentes, viaductos o junto a precipicios. Pueden ser de tipo escalonados, los carriles adyacentes a estos bordillos deben ser de 0.75 a 1.8 m más anchos que lo normal.



*Figura 2.17 Ejemplo de Bordillos.*

### **2.3.5. Intersecciones**

En general, se denomina intersección al área en que dos o más vías se encuentran o se cruzan y al conjunto de plataformas y acondicionamientos que pueden ser necesarios para el desarrollo de todos los movimientos posibles o permitidos de vehículos y peatones.

La localización y diseño de intersecciones constituye uno de los instrumentos de uso más generalizado para mantener la velocidad e intensidad del tráfico automóvil en niveles compatibles con las exigencias del entorno urbano (templado de tráfico). Además, en áreas urbanas, las intersecciones pueden servir de soporte a la formación de espacios urbanos de calidad estética y ambiental, que polarizan la vida ciudadana y se constituyen en hitos formales y polos estructurales de la ciudad: las plazas urbanas.



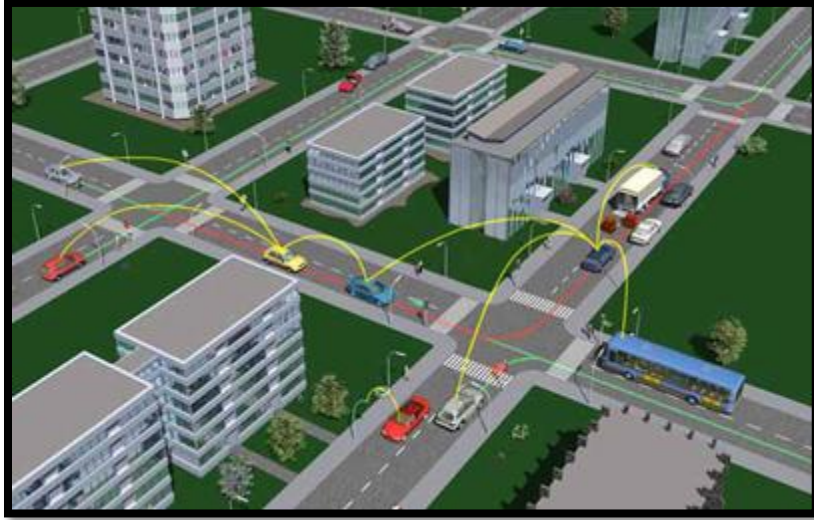
*Fig.2.18 El diseño de una intersección se constituye en un instrumento para controlar la intensidad de tráfico y velocidad.*

La concepción y diseño de esos espacios públicos urbanos constituye una de las tareas de mayor importancia urbanística para una ciudad.

De ahí que, se pueden plantear como objetivos principales de la localización y el diseño de intersecciones:

- ❖ La mejora de la circulación del tráfico motorizado, contribuyendo a la definición de los niveles jerárquicos del viario.
- ❖ La reducción de la severidad de los conflictos potenciales entre automóviles, autobuses, camiones, peatones y ciclistas, facilitando simultáneamente la comodidad y confort de su travesía por los usuarios.
- ❖ El control de las condiciones de circulación (intensidad, velocidad) y, en particular, el templado del tráfico automóvil.

Se quiere subrayar que la única forma de garantizar plena y permanentemente estos objetivos es mediante una buena integración entre el nivel de la vía pública, la intersección, y el entorno edificado, considerando el conjunto de condicionantes y exigencias mutuas y resolviéndolos. Por ello, se recomienda, como criterio previo para el diseño de intersecciones, la consideración integrada del conjunto de los elementos urbanos, edificados y no edificados, que la circundan.



*Fig.2.19. Representación esquemática de una intersección.*

### **2.3.5.1. Criterios de diseño**

Se deben estudiar en principio, y tentativamente, varias alternativas para seleccionar una o más para un estudio más detallado.

En cualquier tipo de vía se debe procurar con el proyecto de una intersección una mayor seguridad, así como el mantener una velocidad adecuada en la vía principal. Para el efecto se deben seguir dos criterios o principios básicos:

- Sencillez
- Uniformidad

La Sencillez se logra cuando todos los movimientos permitidos son fáciles y evidentes y los prohibidos o no deseados sean difíciles o imposibles de realizar. También cuando los esquemas funcionales siguen las trayectorias vehiculares naturales. Las intersecciones complicadas, que se prestan a que los conductores duden, no son convenientes; la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos.

La uniformidad se pierde, por ejemplo, cuando en una serie de intersecciones con carril de espera para giro a la izquierda se intercala una intersección con una vía de enlace u oreja para la misma maniobra.

### **2.3.5.2. Tipos de intersecciones**

Dentro de los tipos de intersecciones que se pueden dar en un sistema vial tenemos las intersecciones a nivel y las intersecciones a desnivel. A continuación se hace un análisis de las ventajas y de los inconvenientes que tiene cada uno de estos tipos.

#### ***Intersecciones a nivel***

##### Ventajas

- Sencillez de diseño, que puede complicarse en el caso de las canalizadas.
- Baja ocupación de suelo.
- Bajo costo de construcción y mantenimiento.

##### Inconvenientes

- Peligrosidad, que puede reducirse mediante canalización y señalización.

##### Ámbito recomendado de implantación

- Cruces de vías de escaso tráfico, de la red secundaria o local, en áreas urbanas y, canalizadas, en áreas no urbanizables o rurales.

#### ***Intersecciones a desnivel***

##### Ventajas:

- Pueden resolver todos los movimientos, incluso el cambio de sentido, sin solución de parada.
- Tienen gran capacidad para el tráfico rodado y mantienen el nivel de servicio de las vías confluyentes.
- Reducen el número y la peligrosidad de los accidentes.

##### Inconvenientes:

- Requieren una amplia ocupación de suelo.
- Tienen un alto costo constructivo.
- Pueden tener impactos estéticos importantes.
- Resuelven mal el paso de los peatones.

##### Ámbito recomendado de implantación

- Enlaces totales, en la red metropolitana en campo abierto.

En el presente trabajo nos dedicaremos a estudiar solo las intersecciones a nivel en sus formas mas básicas debido a la gran complejidad que presenta.

Las intersecciones a nivel tienen una inmensa posibilidad de variación, ya que no existen soluciones de aplicabilidad general.

No es práctico ni es posible presentar todas las variaciones existentes y, por lo tanto, se considerará suficiente presentar aquellos tipos necesarios para cubrir, en general, la vasta gama de posibilidades que puedan ocurrir.

Una intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto.

Tipos básicos de Intersección de acuerdo a esto, son:

Empalme en T	}	de tres ramales	{	Ángulos de Cruzamiento entre $60^\circ$ y $120^\circ$ .
Empalme en Y				Ángulos de Cruzamiento $< 60^\circ$ y $> 120^\circ$

Intersección en X	}	de cuatro ramales	{	Algunos de los ángulos $< 60^\circ$
Intersección +				Angulo mínimo $> 60^\circ$

Intersección en estrella - de más de cuatro ramales.

Rotondas o Intersecciones Rotatorias.

Cada uno de estos tipos básicos puede variar considerablemente en forma, desarrollo o grado de canalización.

En el caso de las normas para rotondas hay un factor decisivo agregado; es el deseo de prever flujo continuo en la Intersección. Esto se logra desplazando el cruce mediante tramos de dimensiones tales que permitan el flujo entrecruzado en torno a la isla principal. Las rotondas, por esta diferencia, se analizan en artículo aparte más adelante.

El tratamiento de una Intersección va desde los diseños más simples hasta alcanzar diseño cada vez más complejos, susceptibles estos últimos a variaciones y adaptaciones en cada caso.

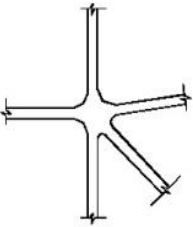



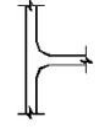
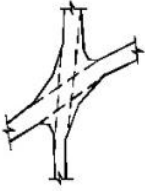
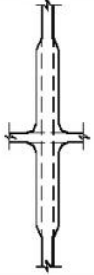
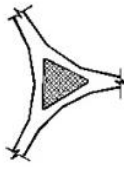

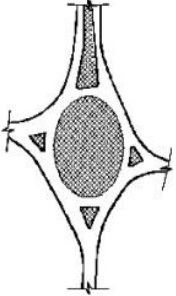
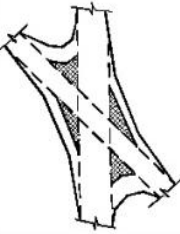
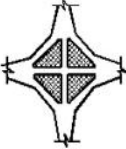

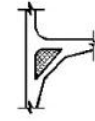
ESPECIALES	DE CUATRO RAMALES				DE TRES RAMALES					
	INTERSECCIÓN EN X		INTERSECCIÓN EN +		EMPALME EN Y		EMPALME EN T			
	EN ESTRELLA			SIMPLE		SIMPLE		SIMPLE		SIMPLE
	ROTONDA VEASE FIGURA 501.01			ENSANCHADA		ENSANCHADA		CANALIZADAS		ENSANCHADA
			CANALIZADA		CANALIZADA				CANALIZADAS	

Fig.2.20. Tipos de intersecciones.

### 2.3.5.2.1. Intersecciones en “T”

Se llama así a las configuraciones de tres ramas, que asemejan una “T” o una “Y”. En éstas, es frecuente el caso de ramas de diversa importancia, lo cual se determina mediante los conteos pertinentes. La cantidad de movimientos posibles es seis, si todas las ramas tienen doble sentido, y cuatro y dos si una de ellas o todas tienen sentido único, respectivamente. Esto sin considerar la posibilidad de giros en “U”.

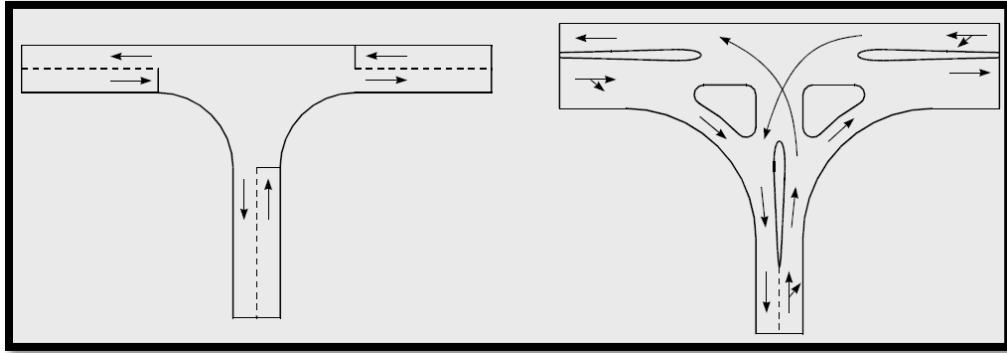


Fig.2.21. Intersección en "T" sin canalizar y canalizada.

### 2.3.5.2.3. Intersecciones en Cruz

Reciben tal nombre las configuraciones de cuatro ramas, que asemejan una cruz o una equis. La cantidad máxima de movimientos posibles es doce, si todas las ramas tienen doble sentido, y siete y cuatro si dos o cuatro de ellos tienen sentido único, respectivamente (sin giros en "U"). La importancia de los movimientos se detecta mediante conteos.

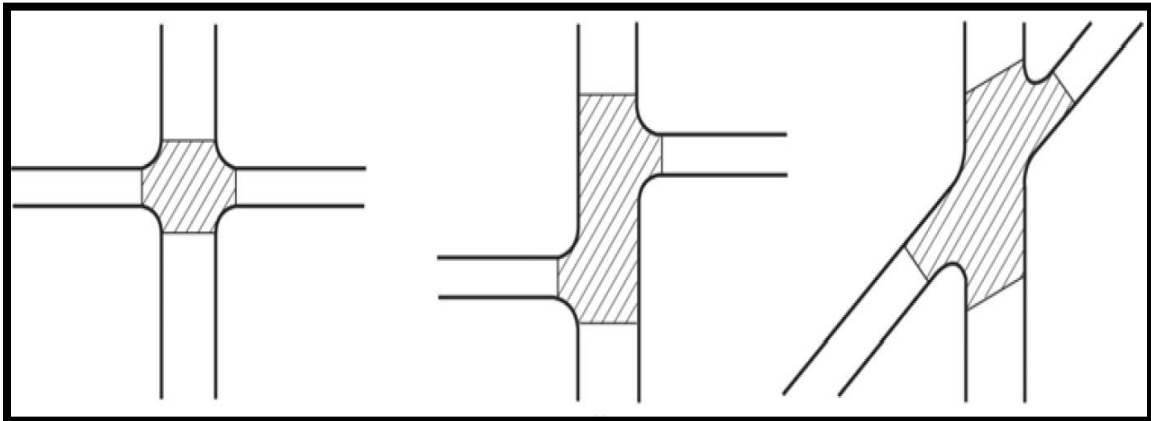
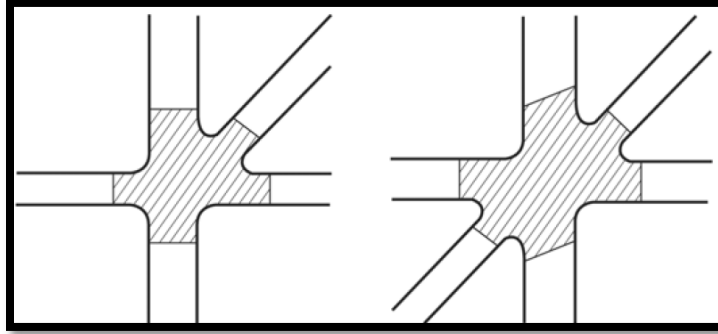


Fig.2.22. Intersección en cruz simple, esviada y en X.

### 2.3.5.2.2. Intersecciones de más de 4 ramas

Este tipo de intersección es difícil de tratar y por lo general se prefiere suprimir una de las ramas, empalmándola con otra fuera de la intersección, si ello es posible. Si no lo es, la solución suele ser complicada o del tipo giratorio, o bien fuerza al establecimiento de sentidos únicos a algunas de las ramas.



*Fig.2.23. Intersección de varios ramales.*

#### **2.3.5.2.4. Giratorias**

##### **i) Rotondas**

Este tipo de solución consiste en empalmar las ramas sobre un anillo circular elíptico o similar, por el cual los vehículos giran hasta llegar a la rama de salida. Para esto pueden tener que trenzarse en uno o más puntos con los flujos provenientes de otros ingresos y destinados a otras salidas. No se emplean semáforos y la preferencia corresponde al que viene por el anillo (desde la izquierda).

Esta solución es una solución de compromiso que puede ofrecer algunas ventajas si se dan simultáneamente parte importante de las siguientes condiciones:

- Intersecciones con cinco o más ramales y con volúmenes aproximadamente iguales en todas las ramas.
- Giros relativamente importantes, que llegan a superar los movimientos que continúan recto.
- Áreas disponibles extensas, horizontales y baratas.
- Poco movimiento de peatones.
- Distancias entre cada par de ramas consecutivas de longitud suficiente para permitir el trenzado (el tramo más crítico determina la capacidad de la rotonda).

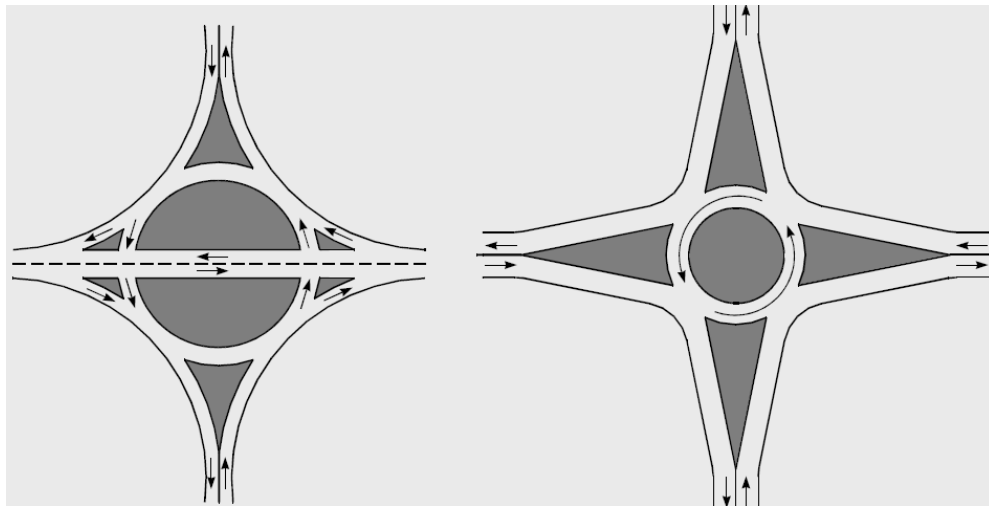
De estas condiciones se pueden inferir también los inconvenientes que hacen que estas soluciones sean rara vez preferibles a las intersecciones de otros tipos: poca capacidad para

el área ocupada, recorridos largos, trenzados molestos, incomodidad para los peatones y velocidades generalmente bajas.

Sin embargo, si se comparan cruces con semáforos, con volúmenes equilibrados en las dos vías que se cortan en ángulo recto y con un porcentaje alto de giros a la izquierda (35% o más), se ha observado que las rotondas ofrecen mayor capacidad para una misma superficie.

## ii) Mini-Rotondas

Este concepto, relativamente nuevo y que no se ha implementado en nuestro país, consiste en la reducción del tamaño de la isla central hasta un diámetro de unos cinco metros o menos, y el consiguiente ensanche de los accesos en cada una de las ramas.



*Fig.2.24. Ejemplo de rotondas o glorietas.*

### 2.3.6. Isletas

Para separar y encauzar adecuadamente la circulación en un nudo es necesario delimitar las zonas, o isletas, que no deben ser pisadas por los vehículos, y cuyo interior debe contrastar con la plataforma.

Las isletas se pueden delimitar:

- ❖ Si son pequeñas, mediante unas marcas pintadas en el pavimento.

- ❖ Medianamente unos bordillos montables, si la isleta es suficientemente grande (>6 m<sup>2</sup>) para que los conductores puedan percibirlos con facilidad incluso por la noche. Donde sean paralelos a la calzada, los bordillos deben estar retranqueados aproximadamente 0.50m respecto del borde de esta, sus esquinas deben estar redondeadas con un radio mínimo de 0.5m y las que aparecen en el sentido de la circulación (narices) se deben retranquear de 1 a 1.5 m mas.
- ❖ Si son muy grandes, hay que tratarlas como una berma, donde haya plantaciones, no deben perjudicar la visibilidad.

Se distinguen dos tipos de isletas: separadoras y encuazadoras:

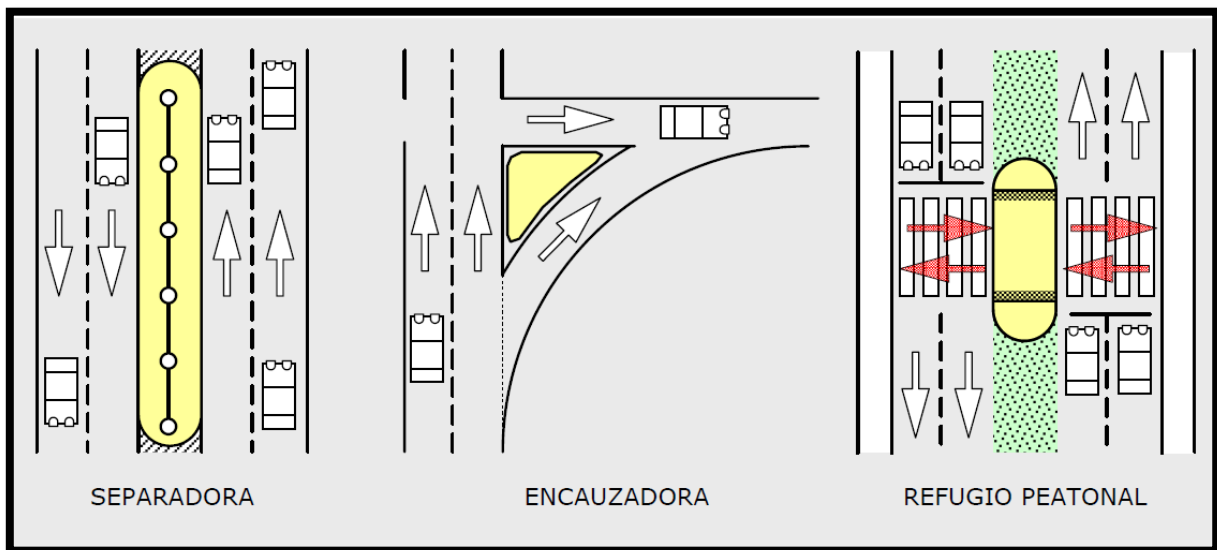


Fig.2.25. Tipos de isletas.

### 2.3.7. Iluminación de vías

Proveer de iluminación a una vía es un medio constructivo que favorece a la circulación del tránsito por la misma, haciéndola más fácil y segura.

La tarea de ver es algo que el ser humano realiza con sus ojos, músculos nervios, energías, corazón y mente, requiriendo para esto de los elementos básicos de la luz y visión pero también el esfuerzo corporal y la inteligencia. Condiciones favorables de visión, disminuyen la fatiga, reducen la tensión nerviosa y muscular del conductor y por consiguiente mejoran su eficiencia para conducir.

### 2.3.7.1. Alumbrado público

Un alumbrado adecuado de calles, produce beneficios importantes. La experiencia en ciudades con moderno alumbrado vial ha mostrado reducciones considerables en de los accidentes nocturnos, especialmente en los atropellamientos y colisiones de mayor gravedad.

Las autopistas urbanas iluminadas, comparadas con las que no tienen alumbrados tienen un porcentaje menor de accidentes nocturnos.

*El alumbrado define* los caminos geométricos como la orilla del pavimento, las curvas, las rampas, etc., lo que ayuda al conductor a tomar las decisiones con la anticipación debida. Más aún el alumbrado ilumina los obstáculos en la calle o cerca de ella, como isletas de canalización, los estribos, pilares de puentes y vehículos estacionados.

*El alumbrado permite* que el conductor vea a los peatones en el camino, más allá de lo que ilumina la luz de los fanales de su vehículo, aún antes de que el peatón invada la calzada. Así como también ayuda al peatón a iluminar los obstáculos en la acera.

Igualmente un buen alumbrado previene delitos nocturnos y favorece los negocios.

Los aspectos negativos del alumbrado incluyen el deslumbramiento, los choques contra arbotantes, el empleo de iluminaciones demasiado intensas con propósitos comerciales que resultan perjudiciales para el tránsito, los costos de instalación, mantenimiento y suministro de energía eléctrica.



*Fig.2.26 Alumbrado público.*

### 2.3.7.2. Visión

La visión es la percepción por el sentido de la vista de la forma y color de los objetos mediante la acción de la luz.

Aunque la percepción visual es fundamentalmente consecuencia del contraste de esplendores, puede ser de los siguientes tipos.

a) *Por silueta.* Cuando la luminosidad del objeto percibido es menor que la de su fondo. A bajos niveles de luminosidad este método de percepción es la fundamental para distinguir los objetos.

b) *Por silueta invertida.* Se produce cuando la luminosidad del objeto que se ve es mayor que la de su fondo. Generalmente es de esta forma que se distinguen las islas en el pavimento, estribos de estructuras y algunos objetos fuera del pavimento.

c) *Por detalles de la superficie.* El objeto es percibido mediante variaciones de luminosidad en su superficie. Prescindiendo de la relación de la luminosidad del fondo. Se produce con intensa iluminación desde el lado del observador.

d) *Por reflexión.* El flujo luminoso de uno o varios focos, es reflejado hacia el observador que no ve el objeto sino la imagen reflejada del foco y el proceso de intelección le indica la presencia del objeto.

e) *Por sombras,* El objeto, invisible por no presentar contrastes con su fondo, arroja sombras que interrumpen la distribución general de esplendores y revelan su presencia.



Fig.2.27 Visión.

### *El poder reflector del pavimento*

El método predominante de percepción en una vía pavimentada es por silueta, para esto es necesario que el pavimento tenga una luminosidad uniforme, por consiguiente es muy importante la luminosidad que esta refleja y no así la luminosidad que recibe.

Generalmente los factores de luminosidad de los pavimentos (que es de lo que depende la luminosidad misma de dicho pavimento), son bajos y suelen variar desde 20% en el hormigón hasta un 3 % en ciertos pavimentos asfálticos. Los pavimentos claros contribuyen bastante a mejorar la iluminación por tener un alto factor de luminosidad.

#### **2.3.7.3. Deslumbramiento**

El deslumbramiento o encandilamiento es la turbación a la percepción visual por brillos o luminosidades demasiado intensa o repentina. El deslumbramiento produce molestias oculares y reduce en ocasiones del todo la visibilidad pudiendo ocasionar accidentes.

Los faros de los vehículos producen deslumbramiento en los conductores de los vehículos que vienen frente a ellos. Este tipo de deslumbramiento puede ser reducido mediante fajas divisorias centrales anchas con o sembradas con árboles pero esta solución no es aplicable a la mayoría de los casos. En cambio la iluminación adecuada de las vías, aunque es costosa, puede aplicarse en cualquier circunstancia y disminuye el deslumbramiento causado por los faros de los vehículos, debido a que los conductores no necesitarán usar luces largas y el contraste de luminosidad entre los faros y la vía no es tan grande.

#### Fuentes luminosas

Se llama fuente luminosa a cualquier objeto que emita luz. Las fuentes luminosas que nos interesan son las artificiales que constan básicamente de una unidad de iluminación con su lámpara, el soporte correspondiente y el sistema de distribución de energía necesario.

#### **2.3.8. Estacionamiento lateral**

Al final de un viaje o recorrido el conductor necesita disponer de un espacio adecuado para poder dejar su vehículo ya sea en la vía o fuera de ella, sin causar perjuicios a los demás usuarios de la misma.

El estacionamiento es una consecuencia inevitable del tránsito y por lo tanto debe ser estudiado entre sus características, sin embargo su resolución y tratamiento no es solamente una cuestión de diseño, dependiendo directamente del planeamiento urbanístico asignado a la zona o ciudad en general.

Es evidente que en las zonas rurales y zonas alejadas de los centros de las ciudades, no hay grandes dificultades para encontrar el espacio requerido para estacionar el vehículo; pero especialmente en lugares donde se concentra la población no existen muchos espacios vacantes para este fin.

#### **2.3.8.1. El estacionamiento y la recuperación del espacio del peatón**

No es difícil darse cuenta que debido al crecimiento cada vez mayor del parque automotor en nuestras ciudades una consecuencia lógica es la necesidad del espacio requerido en las calles para poder estacionar los vehículos esto significa que ese espacio en muchas ocasiones es quitado a los peatones produciendo mucha incomodidad a los mismos y perjudicando también la libre circulación peatonal incluyendo cada vez más obstáculos a dicha circulación.

La tendencia hoy en día en la solución y diseño de estacionamientos está en recuperar el espacio del peatón lo que exige desplazar fuera de la vía pública parte de los vehículos estacionados en la calzada, bien restringiendo su acceso a las áreas centrales o bien construyendo estacionamientos de residentes exteriores a la calzada y al viario. Es decir, en muchas ocasiones la mejor solución de diseño de estacionamiento en las calles es tratar de prescindir al máximo del mismo siempre que se disponga en su caso de las necesarias opciones alternativas.

#### **2.3.8.2. Implicaciones del estacionamiento**

Es importante tomar en cuenta que el problema del estacionamiento tiene implicaciones amplias que no deben olvidarse en el momento de plantear soluciones.

a) Incidencia circulatoria: los vehículos estacionados llegan a reducir la capacidad de la vía en un 50%, con especial influencia sobre el transporte público, además que la búsqueda de estacionamiento genera una circulación específica.

b) Está ligado al concepto de accesibilidad: el vehículo privado posibilita el transporte “perta a puerta “pero este uso está condicionado a la mayor o menor dificultad de poder encontrar el espacio requerido para estacionarlo.

c) Implicaciones ambientales: debido a la influencia muy directa con la imagen urbana y también por la competencia con otros usos del espacio escaso de las calles además de constituir un obstáculo para la circulación transversal de peatones.

d) Implicación económica: es un problema económico tanto por el costo de la infraestructura que lo soporta y también por el uso al menos temporal del espacio público.

### 2.3.8.3. Tipos de estacionamiento

Podemos destacar simplifcadamente dos tipos de estacionamiento:

- a) Estacionamiento junto a la calzada
- b) Estacionamiento fuera de la calzada

**a) Estacionamiento junto a la calzada:** Es aquella modalidad de estacionamiento que tiene lugar en bandas laterales muy cercanas a la calzada, pudiendo formar parte de ella u ocupar espacios formalmente diferenciados. Este tipo de espacios de estacionamiento junto al bordillo constituyen la mayoría de los existentes en nuestras ciudades diferenciándose varios tipos de estacionamiento junto a la calzada según los distintos criterios pero que no serán motivo de estudio en el presente trabajo.



*Fig.2.28.Estacionamiento junto a la calzada.*

**b) Estacionamiento fuera de la calzada:** Dan lugar a estacionamientos ubicados en superficies más extensas donde se conforma batería de estacionamientos

Estas superficies denominadas parqueos pueden ser construidos a un solo nivel o en distintos niveles debiendo establecerse para su diseño la capacidad de casillas, las características de los accesos de entrada y de salida y en casos que se requiera las características de las calles de circulación.

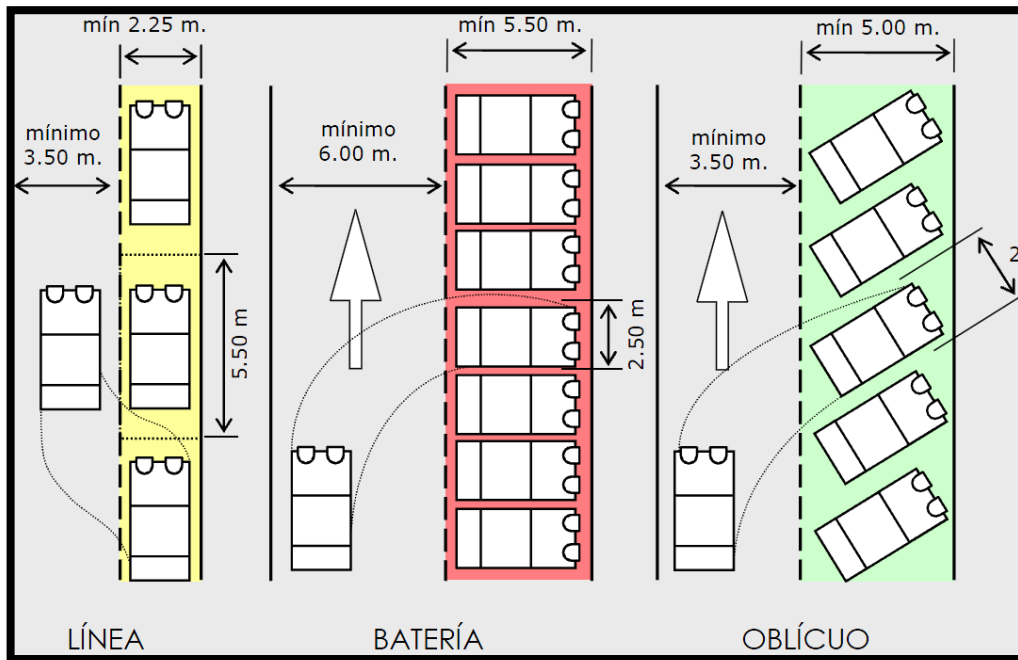


Fig.2.29. Formas de estacionamiento

## 2.4. METODOLOGÍA DE DISEÑO EN VÍAS URBANAS

### 2.4.1 Generalidades

De un modo general se explicará a continuación los criterios más importantes a tomar en cuenta para el diseño geométrico de las calles urbanas, siendo las características concretas de cada calle (tráfico motorizado y peatonal, medio urbano, etc.) las que determinen, en definitiva, los parámetros de diseño de la misma.

Comenzando por el trazado en planta de las calles, podemos decir que los cambios de alineaciones en las mismas por lo general no se adaptan mediante curvas de transición como en el caso de carreteras, sino mediante lo que suele llamarse “puntos singulares” de

trazado, que coinciden con intersecciones, plazas, glorietas, pero existen excepciones en las que dichos puntos no coinciden con las intersecciones o glorietas y en los mismos es necesario disponer de curvas de transición casi siempre circulares .

Para el diseño del trazado en alzado los factores más importantes son:

Las pendientes máximas y mínimas a tomar en cuenta y los criterios de elección de las mismas para lograr el diseño óptimo de la calle tanto en la calzada como en las aceras.

Las curvas de transición vertical (por lo general parábolas) son necesarias en los cambios de pendiente por exigencias de visibilidad, confort y estética.

Hablando ya de la sección transversal, comenzamos con el diseño de la calzada y la acera, que son los espacios destinados a la circulación de vehículos y peatones respectivamente, por lo cual merecen mucha importancia y un diseño adecuado y óptimo.

Para el dimensionamiento de la calzada pueden ser necesarios en ciertos casos estudios específicos de tráfico siendo el factor más importante (no el único) de dicho tráfico que influye en el dimensionamiento, la “intensidad de tráfico”.

La capacidad de la calzada viene condicionada frecuentemente más por las intersecciones y enlaces que por la sección normal de la calzada por lo cual es necesario equilibrar el tratamiento de ambos para evitar sobredimensionamientos ineficaces.

En cuanto concierne al diseño de las aceras de un modo general se puede decir que más allá del estricto cálculo de la capacidad peatonal del cual ya se habló anteriormente se toma como principal recomendación el dimensionamiento generoso de las aceras, tomando en cuenta la necesidad de recuperación del espacio social de la calle.

Llegando ya a lo que son las intersecciones, cabe destacar que su diseño es muy importante ya que de su correcta solución depende en gran parte que el tránsito sobre la misma se efectúe sin provocar saltos de los vehículos, es decir que los conductores transiten cómodamente sobre las mismas.

El método a tomar en cuenta para el diseño de las intersecciones, consiste en hacer que la calle que ha sido escogida como gobernadora pierda su pendiente transversal al llegar a la intersección y que así pase por esta para ir tomando después su pendiente original.

Para la calle transversal la condición es que ella pierda su sección paulatinamente hasta llegar a tener un bombeo, al llegar a la calle gobernadora, igual a la pendiente longitudinal de la misma.

#### **2.4.2. Proceso de diseño**

A continuación se presenta algunos criterios de diseño desde el punto de vista de planificación y desde el punto de vista del diseño geométrico en sí.

##### **2.4.2.1. Criterios generales de planificación**

#### **Funciones y objetivos de la red viaria**

La red viaria cumple en las áreas urbanas un complejo conjunto de funciones, entre las que destacan:

- Servir de cauce al tráfico rodado de larga distancia y conexión interurbana
- Servir de cauce al tráfico rodado de conexión intra urbana
- Constituir itinerarios de contemplación de panoramas generales de la ciudad
- Cualificar la trama y el espacio urbano
- Contribuir a formalizar el paisaje y el ambiente al que se abren los edificios
- Acoger la circulación peatonal
- Dotar de acceso rodado y peatonal a edificios e instalaciones
- Servir de espacio de estancia y relación social
- Servir de referencia a la parcelación y la disposición de la edificación
- Acoger el estacionamiento de vehículos

### **2.4.2.2. Principios generales de composición y diseño**

La satisfacción de las funciones que cumple la red viaria deberá hacerse de acuerdo con los siguientes principios:

#### **PRINCIPIO DE EFICIENCIA**

La composición y diseño de la red deberá garantizar el cumplimiento de sus funciones con la máxima eficiencia.

#### **PRINCIPIO DE SEGURIDAD**

La red deberá garantizar la seguridad de todos sus usuarios mediante una adecuada articulación de sus elementos entre sí y con el entorno. Para garantizar la presencia segura en la red de los diversos usuarios de la misma, la velocidad e intensidad de circulación rodada deberá mantenerse en niveles compatibles con el resto de actividades previstas y el diseño general del entorno propiciará ambientes que dificulten la aparición de comportamientos que atenten a la seguridad ciudadana.

#### **PRINCIPIO DE LA CALIDAD AMBIENTAL**

No se considerará que un plan o proyecto de red viaria resuelva eficazmente sus funciones, si no garantiza unos niveles de calidad ambiental adecuados a las mismas. En la valoración de la calidad ambiental, se considerará especialmente el ruido, la emisión de contaminantes, la posibilidad de uso por los niños y las condiciones estéticas.

#### **PRINCIPIO DE ECONOMÍA**

La minimización de los costos de construcción y mantenimiento, así como la garantía del cumplimiento de los compromisos económicos que deban establecerse al respecto, será uno de los principios básicos de composición y diseño de la red. El ajuste de la longitud y superficie de la red a las necesidades concretas, evitando su sobredimensionamiento, constituiría la plasmación más elemental de este principio.

## PRINCIPIO DE ACCESIBILIDAD URBANA

La composición y diseño de nuevas vías urbanas o la remodelación de las ya existentes contemplará la correcta accesibilidad de todos los posibles usuarios de la vía pública, particularmente la de aquellos que padezcan algún tipo de discapacidad, eliminando barreras e incorporando texturas y cuantas medidas se consideren necesarias.



*Fig. 2.30 Accesibilidad urbana.*



*Fig. 2.31 Optimización de las funciones a cubrir  
Por cada medio de transporte.*

## **Diseño integrado del espacio urbano**

La red viaria o cualquiera de sus partes no debe diseñarse de forma aislada, sino integrada en una concepción de conjunto con el espacio urbano y el resto de los elementos que lo componen (edificios, espacios libres, etc), en función de las distintas actividades que en ellos se realizan. En particular, debe asegurarse la congruencia entre: La estructura y jerarquía de los elementos viarios y la localización de las actividades generadoras de tráfico rodado y peatonal (equipamientos, comercio, centros de empleo, etc).

La morfología de la red, con los espacios privados que define, y las tipologías edificatorias previstas. Los ambientes de las distintas áreas de actividad y el tipo y características de los elementos viarios que las atraviesan. El resultado formal del viario y el de su entorno.



*Fig. 2.32 Integración paisajística y funcional de  
Los elementos de la vía pública*

## **Consideraciones ambientales**

En la composición y diseño de la red viaria, se deberán analizar las posibilidades y oportunidades que ofrece la topografía, no solamente para abaratar costos de construcción, sino, también, para mejorar la articulación paisajística de las calles, reducir impactos sonoros, facilitar la comprensión de la red, ofrecer puntos de vista, facilitar el saneamiento, etc. La minimización de los impactos que el ruido ambiental producido por el tráfico

motorizado provoca en los ambientes urbanos exige su consideración desde las primeras fases de concepción de la red viaria, ya que puede implicar el establecimiento de una jerarquía viaria acorde con los usos del suelo existentes o previstos en el entorno, el aprovechamiento de la topografía y barreras naturales, el empleo de medidas de templado de tráfico que disminuyan la intensidad y velocidad de los vehículos, la previsión de apantallamientos vegetales o artificiales en las vías de mayor capacidad, etc

En la composición y diseño de nuevas redes viarias deberá tenerse en cuenta la conveniencia de reducir al mínimo la alteración de las condiciones preexistentes de suelo, vegetación y paisaje, dejando sin ocupar los suelos con especial valor ecológico, manteniendo la vegetación y los elementos del paisaje más característicos del área, evitando la interrupción de las conexiones naturales del suelo, utilizando pavimentos terrizos, etc.

En la disposición y orientación de la red, así como en el diseño de cada uno de sus elementos deberán considerarse las características particulares del régimen climático de la ciudad en orden a potenciar la creación de un microclima urbano más saludable.



*Fig.2.33 Respeto de preexistencias y ambientes*



*Fig.2.34 Adecuada relación y composición entre Redes, usos y topografía*

### **2.4.2.3. Criterios de Diseño de calles urbanas**

#### **1.- Factores diferenciadores del trazado en vías urbanas**

Los parámetros de diseño del trazado son en el viario urbano mucho menos rígidos y restrictivos que en el viario interurbano:

a) En primer lugar, por las propias condiciones diferenciales de la circulación urbana ( menor velocidad, mayor número de paradas, aparcamientos, incidencia de intersecciones, transporte público, circulación peatonal, etc.)

b) Pero también por condicionamientos urbanísticos (tramas urbanas preexistentes, edificaciones a las que hay que dar servicio, diferentes criterios paisajísticos y de percepción del medio urbano, etc.)

## **2.- Aplicación de los criterios de trazado en calles**

Por lo tanto, la aplicación práctica de los criterios de trazado dados a continuación debe efectuarse con mayores márgenes de flexibilidad que los habituales en campo abierto, dado que serán las características concretas de cada calle ( tráfico motorizado, relación con otros tráficos, medio urbano, etc)las que determinen, en definitiva, los parámetros de diseño de la misma.

## **3.- Elementos de diseño**

Elemento de diseño de una calle urbana es todo aquel aspecto que debe ser tomado en cuenta para poder dar una solución de trazado óptima , segura y eficiente a la misma.

Todos los elementos de diseño de una calle deben ser considerados como parte importante del mismo interrelacionándolos en el momento de su diseño para no obviar detalles que podrían perjudicar el correcto funcionamiento de la futura calle.

Como elementos principales de diseño en una calle urbana tenemos:

- Elementos geométricos
- Elementos de drenaje
- Elementos de iluminación
- Elementos de funcionamiento

### **Elementos Geométricos**

El diseño de los elementos geométricos de una calle comprende el trazado en planta, el trazado en alzado y el diseño de la sección transversal.

## **El trazado en planta**

### *Articulación de alineaciones rectas*

El trazado en planta puede considerarse como formado por alineaciones rectas, y como ya se ha indicado generalmente los cambios de estas alineaciones rectas en las calles urbanas no se adaptan mediante curvas de transición (como en el caso de carreteras), sino mediante “puntos singulares” del trazado coincidentes con intersecciones, plazas, glorietas, etc., existiendo casos en los que si son necesarias las curvas de transición, las mismas que son colocadas en los extremos de las curvas circulares para de esta manera poder facilitar la circulación del tránsito.

En la práctica se han observado accidentes en alineaciones rectas de gran longitud, debido a la monotonía de la conducción en estas condiciones. Por ello, resulta aconsejable evitar alineaciones rectas excesivamente largas introduciendo en su lugar curvas circulares de radio muy amplio, o algunos cambios en el trazado, que al obligar al conductor a modificar suavemente su dirección, mantengan despierta su atención. Estas recomendaciones son usuales en el caso de avenidas, autopistas, vías rápidas, etc. en las que las interrupciones para el tráfico motorizado no son tan frecuentes como para despertar la atención del conductor.

## **2.5. COORDINACIÓN DEL DISEÑO**

La consideración independiente de los trazados en planta y alzado, cómoda para el proyectista, puede dar lugar a problemas en la perspectiva dinámica percibida por quien recorra la vía. El punto de vista del conductor es, en realidad, el fundamental. Dichos problemas no solo están relacionados con la estética de la obra en si, una exigencia siempre interesante para un profesional; sino también con la comodidad visual del conductor, relacionada con su fatiga y, consiguientemente con la seguridad de circulación. Por lo tanto hay que prestar atención a la coordinación entre el trazado en planta y el trazado en alzado, con objeto de obtener un trazado conjunto que proporcione al conductor un recorrido fácil y agradable, exento de sorpresas y desorientaciones.

### 2.5.1. Coordinación entre los alineamientos horizontales y verticales

La aplicación indiscriminada de ciertas reglas o recetas sencillas puede representar, en algunos casos, una excesiva simplificación de un problema de naturaleza compleja, el cual debe ser definitivamente apreciado en una perspectiva. La dificultad material de estos estudios eran antes notable, pero la aplicación de la informática a facilitado su resolución: la mayoría de los programas informáticos de trazado cuenta con una herramienta para el dibujo de perspectiva.

A continuación, y tras recordar algunas nociones relacionadas con la visión y la perspectiva, se analiza tres clases de defectos frecuentes en trazados no debidamente coordinados:

- ❖ Las distorsiones y falsas inflexiones.
- ❖ Los garrotes o puntos angulosos.
- ❖ Las pérdidas del trazado.

#### 2.5.1.1. Falsas inflexiones en la perspectiva de los bordes de calzada

A continuación se estudia un combinación de dos de los casos simples en el apartado anterior: una alineación recta seguida de una curva circular, y un acuerdo vertical cóncavo en la rasante.

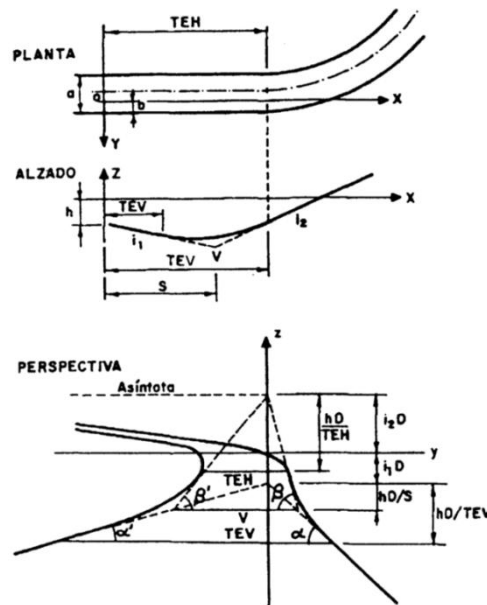


Fig. 2.35. Perspectiva de una curva en planta con un acuerdo vertical cóncavo.

En el borde exterior de la curva, la distorsión de la perspectiva debida al acuerdo vertical tiene efecto contrario a la debida a la curva circular, y se produce una inflexion que resulta fea e incluso engañosa si es muy acusada, puesto que puede aparecer como si fuera debida a una contracurva en planta.

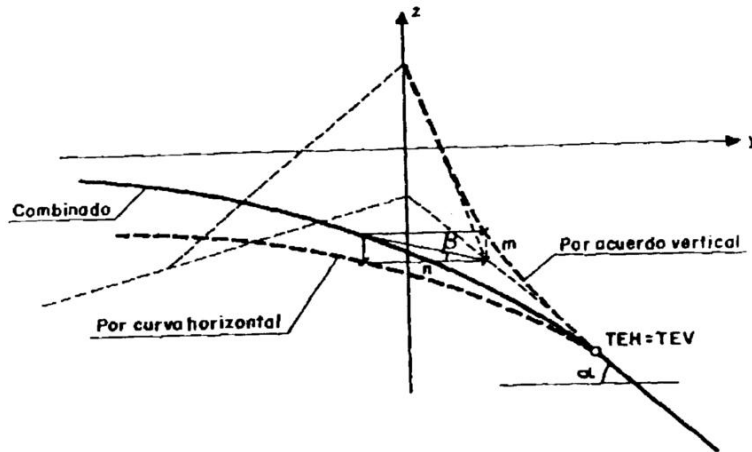


Fig. 2.36 Efecto combinado de una curva y de un acuerdo cóncavo en la perspectiva del borde exterior.

Si coinciden las tangentes de entrada de la curva circular y del acuerdo vertical, la inflexion dependerá de la razón entre el radio de la curva circular y el parámetro de la curva vertical, que producen las sendas distorsiones n y m (ver fig 2.36). Donde predomine la primera, la inflexión no aparecerá. Esto equivale a que:

$$tg \beta < tg \alpha$$

Y como:

$$tg \beta = \frac{m}{n} = \frac{M}{N} = \frac{\frac{s^2}{2 * K_v}}{\frac{s^2}{2 * R}} = \frac{R}{K_v}$$

$$tg \alpha = \frac{h}{a - b}$$

Basta que sea

$$\frac{K_v}{R} > \frac{a - b}{h}$$

Para una calzada de  $a=7\text{m}$  y una distancia  $b=1.5\text{m}$  con altura  $h=1.2\text{m}$  resulta

$$K_v = \frac{7 - 1.5}{1.2} = 4.6$$

La situación empeora a medida que se retrasa el principio del acuerdo vertical.

Para evitar las inflexiones aparentes de los bordes indicamos que:

- Se deben evitar las alineaciones únicas en planta (rectas o curvas) que contengan un acuerdo vertical corto (cóncavo o convexo). Ver fig. 2.37.

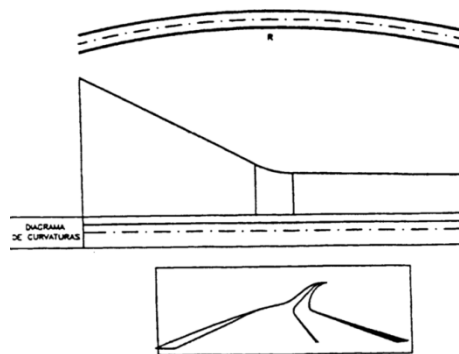


Fig.2.37 Perspectiva de una cuerdo vertical corto dentro de una alineación única.

- En las vías con calzadas separadas y en las vías rápidas se deben evitar las curvas en planta cortas incluidas de acuerdo vertical largo. (Ver fig.2.38)

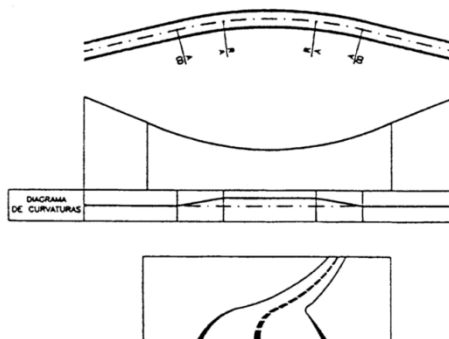


Fig.2.38 Perspectiva de una curva en planta corta dentro de un acuerdo vertical largo.

- Los puntos de tangencia de todo acuerdo vertical que coincida con una cura circular deben estar situados dentro de la clotoide, y lo más próximo posible a su tangente.
- En las vías convencionales en las que la velocidad de proyecto no sea superior a  $60\text{ km/h}$ , hay que respetar dondequiera que sea posible la razón.

$$\frac{K_v}{R} = \frac{100}{P} * 6$$

Donde: P (%) el peralte de la curva.

### 2.5.1.2. Puntos angulosos en la perspectiva de los bordes.

Si la perspectiva de un acuerdo vertical cóncavo rebasa el campo de visión descansada, resulta menos aparente que si la totalidad de su imagen esta contenida dentro de dicho campo. Los acuerdos verticales cóncavos, por ello, se deben dimensionar con tanta mayor amplitud cuanto mayor sea la distancia desde la que puede percibirse, y cuanto menor sea la diferencia de inclinaciones de la rasante.

Por lo tanto se debe evitar:

- Los acuerdos cortos entre rasantes uniformes largas, dentro de una misma alineación en planta (Ver fig 2.39).

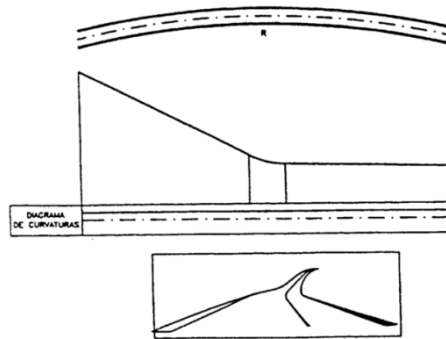


Fig.2.39 Perspectiva de un acuerdo vertical corto entre rasantes uniformes largas.

- Las rasantes uniformes entre acuerdos consecutivos del mismo signo (cóncavos o convexos), dentro de una misma alineación en planta (Ver fig.2.40)

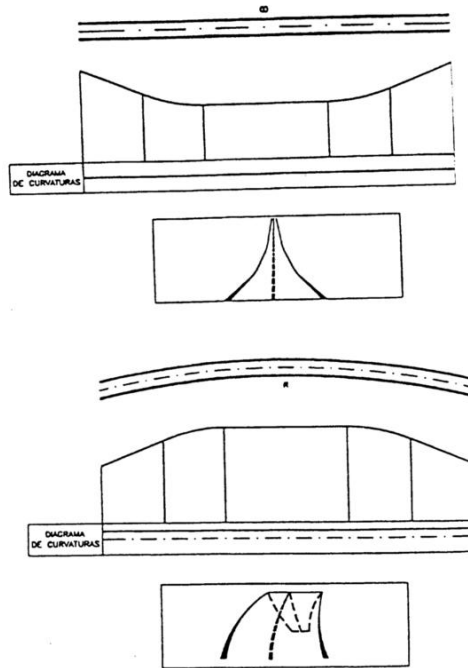


Fig.2.40 Perspectiva de dos rasantes uniformes entre acuerdos verticales del mismo signo

### 2.5.1.3. Perdidas del trazado

Ciertas combinaciones de planta y alzado dan lugar a un fenómeno conocido como pérdida del trazado. Donde se produce, los conductores ven un tramo de carretera inmediatamente delante de ellos y dejan de ver el siguiente; con frecuencia vuelven a ver otro más lejano, lo que suele gravar el fenómeno si el tramo que se vuelve a ver está relativamente próximo, pues el conductor puede suponer equivocadamente que las condiciones y la orientación general del trazado del tramo que no ve (pozo de incertidumbre) son análogas a las de los tramos que ve.

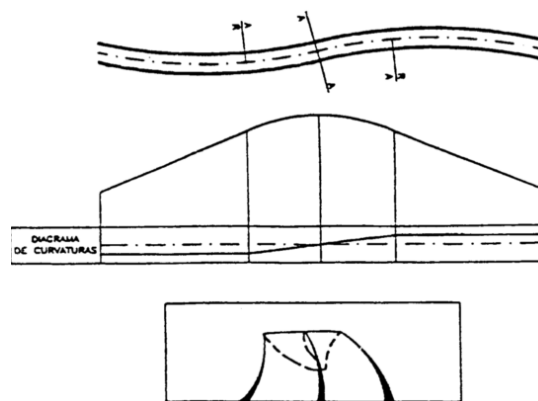
Para evitarlo es deseable que el conductor pueda ver constantemente la distancia que va a recorrer en los próximos 10 a 12 seg; y donde esto no sea posible, que no resulte visible el tramo comprendido entre el punto en que se pierde la visibilidad y el límite citado.

Las pérdidas de trazado son indicio, de una falta de equilibrio entre el trazado en planta (más generoso) y en alzado (más estricto); hay elementos del perfil longitudinal que ocultan un tramo de carretera donde el trazado en planta permitiría una mayor visibilidad. En algunos casos es posible modificar el perfil longitudinal de forma que el extremo de la zona

oculta quede fuera de la zona visible en planta; o bien se puede ocultar el tramo reaparecido, mediante plantaciones o pantallas.

Es recomendable evitar:

- Un acuerdo convexo en coincidencia con un punto de inflexión en planta (Ver Fig.2.41).
- En una carretera con calzadas separadas o en una vía rápida, un acuerdo cóncavo en coincidencia con un punto de inflexión en planta (Ver Fig.2.42).
- Una alineación recta en planta con unos acuerdos consecutivos convexo y cóncavo. (Ver Fig.2.43).
- Una alineación recta en planta con unos acuerdos consecutivos convexo y cóncavo. (Ver Fig.2.44).
- Una alineación recta seguida de una curva en planta, en correspondencia con unos acuerdos consecutivos convexo y cóncavo. (Ver Fig.2.45).
- Una alineación curva larga, que contenga un acuerdo vertical cóncavo corto. (Ver Fig.2.46).
- Un conjunto de alineaciones en planta en las que se puedan percibir simultáneamente dos acuerdos verticales convexos o cóncavos.



*Fig.2.41 Perspectiva de un acuerdo convexo coincidente con un punto de inflexión en planta.*

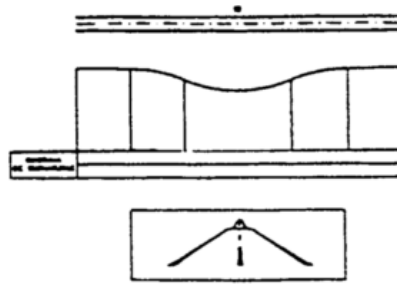


Fig.2.42 Perspectiva de una alineación recta entre acuerdos verticales consecutivos convexo-concavo.

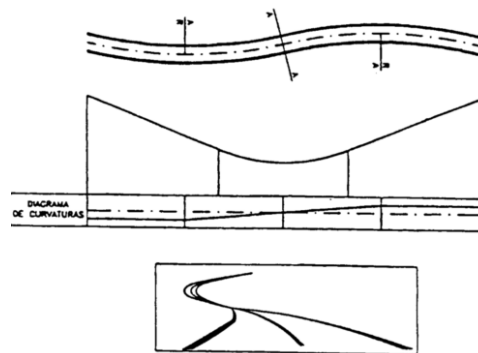


Fig.2.43 Perspectiva de un acuerdo cóncavo coincidente con u punto de inflexión en planta

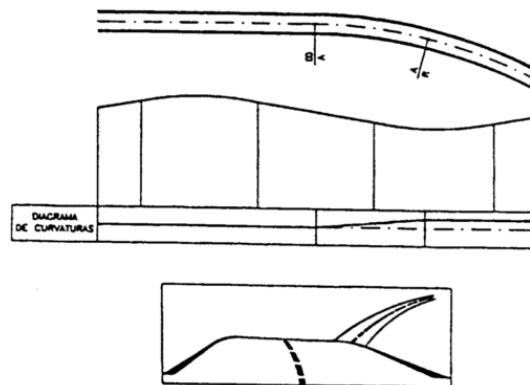


Fig.2.44. Perspectiva de una alineación recta seguida de una curva en planta entre acuerdos verticales consecutivos convexo- concavo.

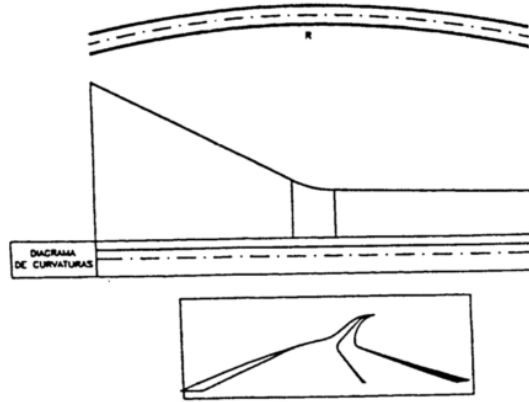


Fig.2.45 Perspectiva de una alineación curva larga que contenga un acuerdo vertical cóncavo corto.

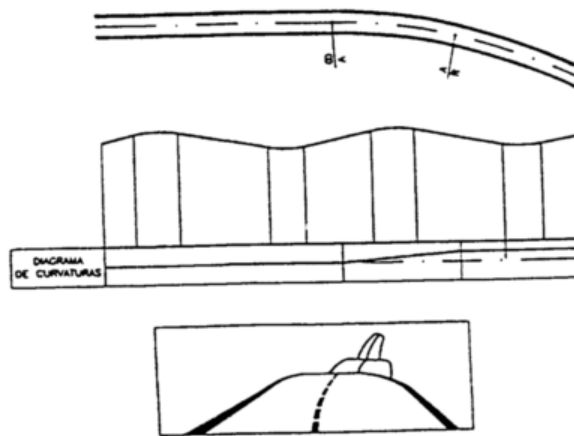


Fig.2.46. Conjunto de alineaciones en planta en las que se puedan percibir simultáneamente dos acuerdos verticales cóncavos o convexos.

### 3.1. INTRODUCCIÓN

De un modo general se explicará a continuación los criterios más importantes a tomar en cuenta para el diseño geométrico de las calles urbanas, siendo las características concretas de cada calle (tráfico motorizado y peatonal, medio urbano, etc.) las que determinen, en definitiva, los parámetros de diseño de la misma.

Comenzando por el trazado en planta de las calles, podemos decir que los cambios de alineaciones en las mismas por lo general no se adaptan mediante curvas de transición como en el caso de carreteras, sino mediante lo que suele llamarse “puntos singulares” de trazado, que coinciden con intersecciones, plazas, glorietas, pero existen excepciones en las que dichos puntos no coinciden con las intersecciones o glorietas y en los mismos es necesario disponer de curvas de transición casi siempre circulares .

Para el diseño del trazado en alzado los factores más importantes son:

Las pendientes máximas y mínimas a tomar en cuenta y los criterios de elección de las mismas para lograr el diseño óptimo de la calle tanto en la calzada como en las aceras.

Las curvas de transición vertical (por lo general parábolas) son necesarias en los cambios de pendiente por exigencias de visibilidad, confort y estética.

Hablando ya de la sección transversal, comenzamos con el diseño de la calzada y la acera, que son los espacios destinados a la circulación de vehículos y peatones respectivamente, por lo cual merecen mucha importancia y un diseño adecuado y óptimo.

Para el dimensionamiento de la calzada pueden ser necesarios en ciertos casos estudios específicos de tráfico siendo el factor más importante (no el único) de dicho tráfico que influye en el dimensionamiento, la “intensidad de tráfico”.

La capacidad de la calzada viene condicionada frecuentemente más por las intersecciones y enlaces que por la sección normal de la calzada por lo cual es necesario equilibrar el tratamiento de ambos para evitar sobredimensionamientos ineficaces.

En cuanto concierne al diseño de las aceras de un modo general se puede decir que más allá del estricto cálculo de la capacidad peatonal del cual ya se habló anteriormente se

toma como principal recomendación el dimensionamiento generoso de las aceras, tomando en cuenta la necesidad de recuperación del espacio social de la calle.

Llegando ya a lo que son las intersecciones, cabe destacar que su diseño es muy importante ya que de su correcta solución depende en gran parte que el tránsito sobre la misma se efectúe sin provocar saltos de los vehículos, es decir que los conductores transiten cómodamente sobre las mismas.

El método a tomar en cuenta para el diseño de las intersecciones, consiste en hacer que la calle que ha sido escogida como gobernadora pierda su pendiente transversal al llegar a la intersección y que así pase por esta para ir tomando después su pendiente original.

Para la calle transversal la condición es que ella pierda su sección paulatinamente hasta llegar a tener un bombeo, al llegar a la calle gobernadora, igual a la pendiente longitudinal de la misma.

## **3.2. CLASIFICACIÓN DE VÍAS URBANAS**

### **3.2.1. Por geometría**

#### **3.2.1.1. Ancho de calzada**

Como ya se mencionó anteriormente la calzada es la zona de la sección transversal destinada a una circulación segura y cómoda de los vehículos. Para ello es necesario que su superficie este pavimentada de forma que sea posible utilizarla prácticamente en todo tiempo, salvo quizás en situaciones meteorológicas excepcionales.

Técnicamente se define carril como la banda longitudinal en que puede subdividirse la calzada, caracterizada por tener una anchura suficiente para permitir la circulación de una sola fila de vehículos.

El carril se emplea como elemento de clasificación tipológica de vías, distinguiendo entre vías de dos carriles y vías multicarril. Esta división es muy importante desde el punto de vista del tráfico. Los carriles suelen materializarse en el pavimento bien mediante marcas viales, bien mediante separadores de tráfico, según sea el grado de seguridad necesario y el sentido de circulación –igual o contrario- de los carriles adyacentes que delimita.

## Número de carriles

El número de carriles es fundamental para determinar el nivel de servicio que se puede conseguir. Las disposiciones que se emplean son las siguientes:

a) Únicamente en los caminos donde el tráfico sea muy escaso se utilizan calzadas de doble sentido de circulación con un solo carril: como no es posible (o al menos, no es fácil) que se crucen dos vehículos, es preciso construir apartaderos a intervalos regulares para permitirlo. Calzadas con un solo carril, pero de sentido único, son también las que se emplean en las vías de giro de las intersecciones y en la mayoría de los ramales de los enlaces, en este caso hay que tener en cuenta la necesidad de rebasar a un vehículo averiado sin salirse de la plataforma.

b) La mayoría de las vías fuera de poblado, tienen una calzada única de dos carriles, uno para cada sentido de circulación. Este tipo de vías permite obtener un buen nivel de servicio con unas intensidades diarias de hasta unos 5 000 veh/día, y un nivel aceptable mientras no se rebasen unos 10000 veh/día. Tienen la desventaja de que, para adelantar a los vehículos más lentos, es preciso ocupar temporalmente el carril destinado normalmente a la circulación en sentido contrario, para evitar accidentes, hay que prohibir esta maniobra donde la visibilidad sea insuficiente. Algunos ramales de enlace que son muy largos tienen, asimismo, dos carriles, pero en este caso se debe cuidar especialmente la disposición del final del ramal, para evitar que se congestione.

c) En vías convencionales de dos carriles y doble sentido de circulación se pueden disponer unos carriles adicionales para facilitar el adelantamiento de los vehículos pesados y mejorar el nivel de servicio, especialmente en las rampas fuertes prolongadas.

d) Para conseguir una mayor capacidad (por ejemplo, con intensidades medias comprendidas entre 100000 y 200000 veh/día) donde no se disponga de mucho espacio, se puede recurrir a una calzada única con cuatro carriles, dos para cada sentido de circulación. Este tipo de vías es relativamente frecuente en zonas urbanas: pero fuera de poblado suelen tener un índice de accidentalidad relativamente elevado, por lo que la Norma 3.1-IC “Trazado”(1997) las ha prohibido.

e) Si las intensidades de circulación son muy altas (más de 10000 veh/día), para conseguir un buen nivel de servicio y gran seguridad (evitando los choques frontales), se recurre a dos calzadas separadas, destinadas a cada una a un sentido de circulación. Cada calzada tiene, como mínimo, dos carriles y no más de cuatro: con mayor número hay dificultades para cambiar de carril o alcanzar el arcén exterior en caso de avería.

f) Si las intensidades de circulación exigen más de cuatro carriles por calzada por sentido por ejemplo una central (reservada a recorridos largos) y otra lateral (unida al viario local), unidas por ramales de conexión.

g) Un caso diferente es el de algunas grandes arterias urbanas, cuya calzada llega a tener hasta seis o más carriles por sentido, para aprovechar al máximo el espacio disponible.

El paso de un tramo de la vía a otro que tenga un número diferente de carriles para el mismo sentido de circulación, sobre todo al disminuirlo, está sujeto a ciertas reglas de equilibrio (Figura 2.9). Esto ocurre, sobre todo, en los nudos de la red viaria, en los que además se debe mantener claramente la continuidad de los carriles del paso (Figura 2.10).

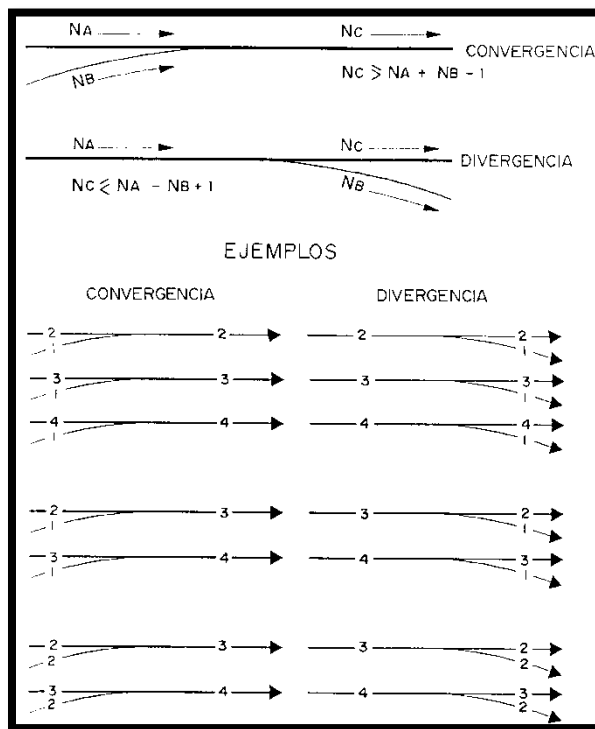


Figura 3.1 Equilibrio del número de carriles.

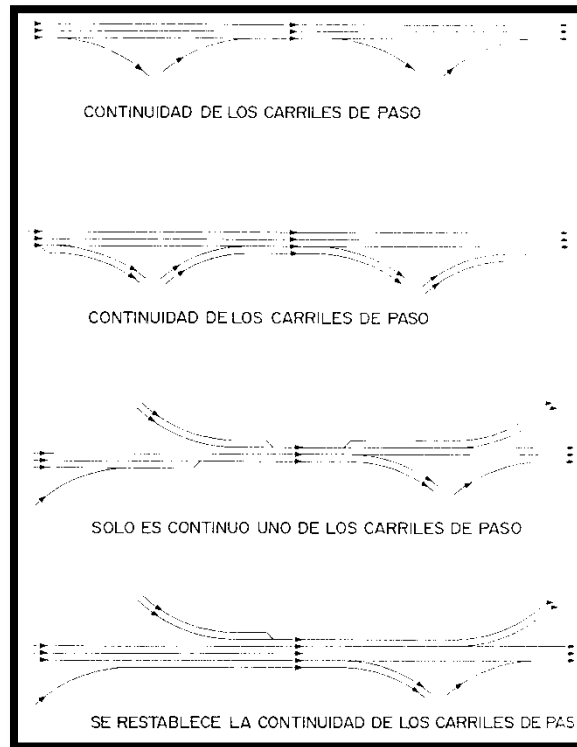


Figura 3.2 Continuidad de los carriles de paso y equilibrio del número de carriles

### **Anchura**

La anchura de los carriles depende de las dimensiones de los mayores vehículos que utilicen la carretera y de otras consideraciones.

- ❖ Cuanto mayor sea la velocidad, mayor es la oscilación de la posición transversal del vehículo dentro del carril y, por lo tanto, la anchura de este debe ser mayor.
- ❖ En las curvas de radio menor de 250m, como en intersecciones y enlaces y aun en algunas vías, el vehículo ocupa una anchura mayor que la normal en recta. El sobreañocho  $s$  resultante para cada carril se puede obtener por un estudio especial de la ocupación del vehículo; aunque la Norma 3.1 –IC “Trazado” (1997) admite simplificar su valor máximo por la expresión:

$$S_{max} = \frac{L^2}{2 * R}$$

Donde:

L: La longitud del vehículo, medida entre su extremo delantero y el eje trasero. Salvo casos excepcionales, se toma igual a 9m.

R: El radio de la curva

La transición al sobreebanco también se puede obtener mediante el mencionado estudio especial: pero también la Norma 3.1 –IC admite que se realice linealmente dentro de la curva de transición, en una longitud de 30 m antes de la tangente común con la curva circular. La citada Norma prohíbe que el sobreebanco se obtenga a costa de los arcenes; aunque esto resulta poco constructivo.

La anchura de los carriles tiene, además, repercusiones sobre el nivel de servicio. El empleo, a veces deliberado, en las zonas urbanas o en los tramos en obra, de carriles de una anchura inferior a 3.50m hace disminuir la velocidad.

Una circulación poco intensa puede justificar también la adopción de unos carriles estrechos, para reducir el costo; lo mismo ocurre en zona urbana, para aprovechar mejor el espacio disponible.

En las carreteras interurbanas, el estándar de anchura de un carril en recta fijado por la Norma 3.1-IC “Trazado” (1997) es de 3.5m; salvo en las carreteras convencionales con una velocidad de proyecto de 40 Km/h y una IMD<2000, en las que se reduce a 3m.

En las calles y vías arteriales de zonas urbanas, la anchura estándar es de 3m, que se pueden reducir a 2,75m en vías locales de más de dos carriles por sentido, y aun a 2,50m si o no sirven a más de 200 viviendas.

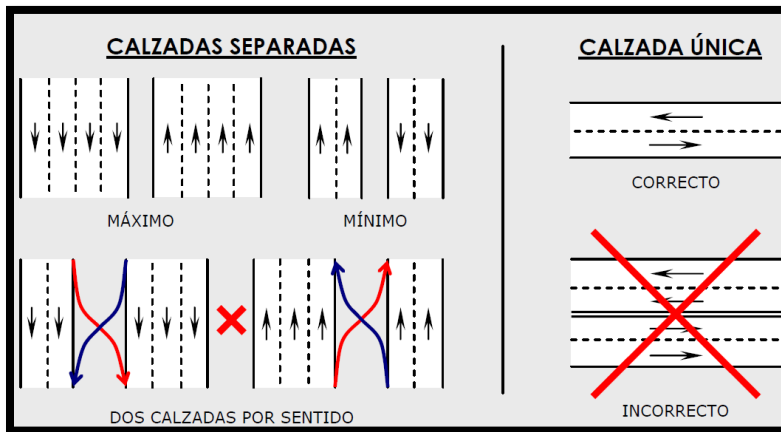


Figura 3.3 Prescripciones normativas para los carriles (norma 3.1-IC)

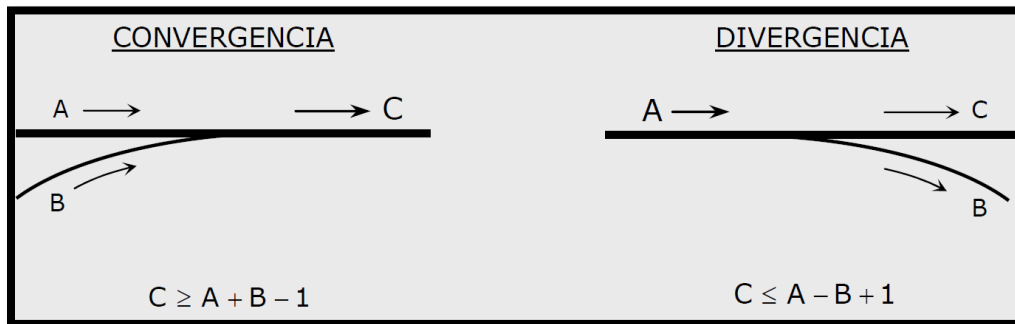


Figura 3.4 Transición del número de carriles en conjunciones y bifurcaciones.

Según la dirección de planeamiento urbano de nuestra ciudad se tiene los siguientes valores estándares para los anchos de carril.

- Carril de circulación con vehículos pesados 3.50 mts.
- Carril para circulación de doble vía 3.50 mts.
- Carril para vías que forman parte de la red vial principal 3.30 mts.
- Carril para vías de acceso 3.00 mts.
- Carril para estacionamiento 2.70 mts.

De esta forma, una vía de doble mano debe tener un mínimo de 7 mts., sin contar con los estacionamientos, y una vía secundaria de la zona central puede tener hasta un mínimo de 5.70 mts.

### 3.2.1.2. Alineamiento de calzada

El alineamiento de una carretera o calle produce gran impacto en el entorno, tejido de la comunidad y usuario vial. El alineamiento comprende una variedad de elementos unidos para crear una vía que sirva al tránsito en forma segura y eficiente coherente con la función deseada. Para producir un diseño coherente, seguro y eficiente, cada elemento del alineamiento debería complementar a los otros.

Las alineaciones rectas resultan especialmente indicadas:

- En terrenos llanos.
- Donde sea preciso adaptarse a algún externo que sea recto; una infraestructura, un corredor urbanístico, etc.
- En las proximidades de los nudos o de las estaciones con otras vías.
- Donde resulte necesario detenerse, como en las estaciones.
- En las vías de calzada única con dos carriles e las que, para adelantar a otros vehículos mas lentos, es preciso ocupar temporalmente el carril normalmente reservado a la circulación en sentido contrario.

La velocidad que puede alcanzar los vehículos en alineaciones rectas de gran longitud solo esta limitada por la inclinación de la rasante; pero se ha observado que puede haber accidentes debido a la monotonía de la conducción en estas condiciones. Por ello, en los trazados es aconsejable evitar las alineaciones retas excesivamente largas, a las que corresponde un tiempo de recorrido superior a unos 60 a 75 s, e introducir en su lugar unas curvas de radio muy amplio que, obligue al conductor a modificar suavemente su dirección, y logrando mantener despierta su atención. Además, se evita así el deslumbramiento debido a los faros de los vehículos que circulan en sentido contrario, que llega a ser muy molesto en una recta larga.

Por el contrario, si la recta entre dos curvas es muy corta los conductores las trazaran de forma conjunta. En este caso, las perspectivas por ellos percibida les puede resultar

compleja, y además las irregularidades en la variación de la curvatura con el recorrido pueden hacerles incomoda y aun peligrosa la conducción.

### 3.2.1.3. Pendiente longitudinal

En un perfil que represente la longitud de la vía y las alturas respectivas de sus puntos (abscisas) principales en un plano, se aprecian (al igual que en alineamiento horizontal) una serie de tramos rectos que deben ser empalmados por curvas verticales que permitan una transición suave, que resulte cómoda y segura entre las pendientes rectas.

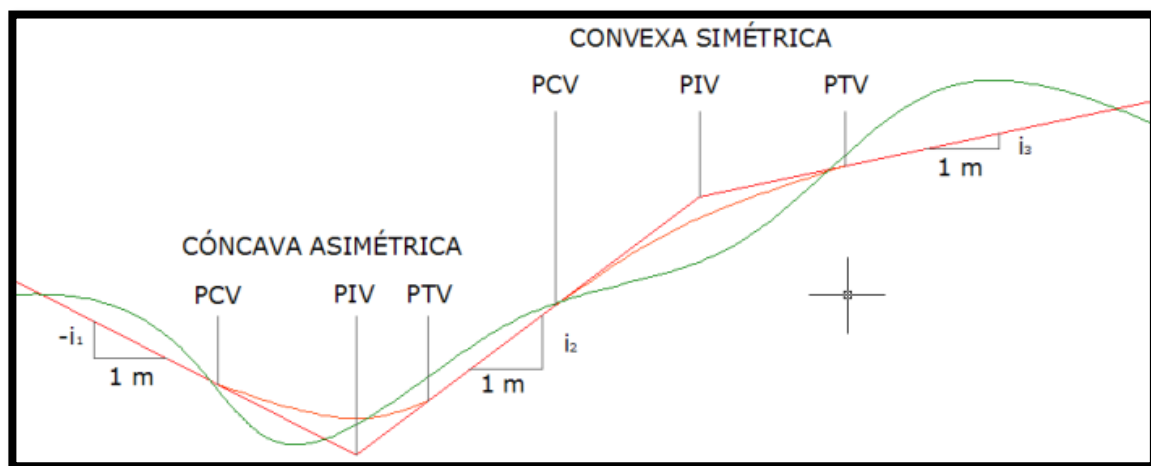


Fig. 3.5 Pendiente longitudinal.

Las pendientes de los tramos rectos se expresan en porcentaje y corresponden a la cantidad de metros (altura) de ascenso o descenso por cada metro que se recorre horizontalmente (en la figura, a cada alineamiento recto le corresponde una pendiente  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$ ).

La pendiente longitudinal tiene un efecto directo sobre la velocidad de operación de los vehículos, excepto si existe un tramo completamente horizontal de pendiente cero. De ahora en adelante las pendientes serán positivas si en el sentido de diseño de la vía el tramo es ascendente (si un vehículo que la transite sube) y negativa si en el mismo sentido el tramo es descendente (el mismo vehículo baja); de manera que en la figura se observan las pendientes  $-i_1$ ,  $+i_2$  y  $+i_3$ .

Si la pendiente es negativa aparece un componente longitudinal del peso del vehículo que le da un impulso adicional y por tanto, el vehículo tiende a aumentar su velocidad pero, por razones de seguridad, los conductores acostumbran reducir la velocidad.

Si la pendiente es positiva, ese mismo componente del peso se opone al movimiento del vehículo, especialmente en vehículos pesados y genera velocidades menores a las que desean los conductores. Para que los efectos sobre las velocidades se minimicen (pues tienen consecuencias económicas también), es conveniente trabajar con pendientes menores al 3%. sin embargo, cuando el terreno no lo permite.

De otro lado, para garantizar el drenaje no se recomiendan pendientes longitudinales menores al 0,5%; a menos que la pluviosidad de la zona sea muy baja y la vía esté sobre un terraplén.

#### Longitud Crítica

Para que la velocidad no se reduzca considerablemente se deben manejar tramos no muy largos (relativamente) con la misma pendiente. En Colombia se ha establecido como longitud máxima “*la distancia horizontal medida desde el comienzo de una pendiente, necesaria para lograr una altura de 15 metros con respecto al mismo origen*”, y se conoce como longitud crítica de la pendiente. Este concepto sólo aplica si las pendientes consideradas son mayores al 3%.

Aunque parezca arbitrario a simple vista, la longitud crítica de la pendiente está determinada por la disminución de la velocidad que ésta causa en vehículos pesados. Se considera que el ascenso de 15 m con la misma pendiente causa una reducción de 25 km/h en la operación de los vehículos de carga, lo cual también ocasiona demoras para los vehículos que viajan detrás y podrían ir más rápido. Para evitar la formación de colas, o maniobras de adelantamiento que suponen mayor riesgo, se puede evaluar la posibilidad de diseñar un segundo carril de ascenso cuando la longitud de la pendiente es superior a la crítica.

Tampoco se podrán proyectar pendientes más cortas que la distancia recorrida en 10 segundos a la velocidad de diseño.

Se establecen los siguientes valores máximos según la jerarquía de las vías.

**CUADRO N°3** Pendientes longitudinales recomendadas.

JERARQUÍA VÍAL	DESIGNACIÓN	PENDIENTE MÁXIMA
I	D. REGIONAL	6%
II	D. PRINCIPAL	8%
III	D. DISTRITAL	8%
IV	D. LOCAL	10%
V	C. DE ACCESO	12%

*Fuente: Dirección de ordenamiento territorial. Gobierno Municipal de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado.*

**3.2.1.4. Alineamiento de cordones y aceras**

El alineamiento de las aceras y cordones, que son parte de la vía pública, normalmente ubicada a sus orillas, que se reserva para el tránsito exclusivo de peatones, es una línea fijada por la Municipalidad o por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

El alineamiento o línea de propiedad es aquella línea que divide el derecho de vía o propiedad pública y la propiedad privada, en ésta línea normalmente se coloca la baranda. El alineamiento o línea de construcción se refiere a la línea a partir de la cual se puede construir hacia el fondo de propiedad.



*Fig.3. 6 Alineamiento de cordones y aceras.*

### 3.2.1.5. Nivel de aceras

Una acera, banqueta, vereda o andén es un [camino](#) para peatones que se sitúa a los costados de una [calle](#).

La acera es una orilla de la calle o de otra vía pública, con pavimento adecuado para el paso de los peatones, que separa la calzada de la pared de las construcciones.

En la mayoría de los países occidentales existen leyes que fomentan la remoción de las llamadas *barreras de infraestructura*, con el objeto de reducir las dificultades de los [discapacitados](#), y dichas políticas hacen especial hincapié en las aceras. Se requiere que las aceras tengan [rampas](#) en las [esquinas](#) para permitir el tránsito fluido de personas en [silla de ruedas](#). Sus dimensiones dependen del tránsito que deban soportar.

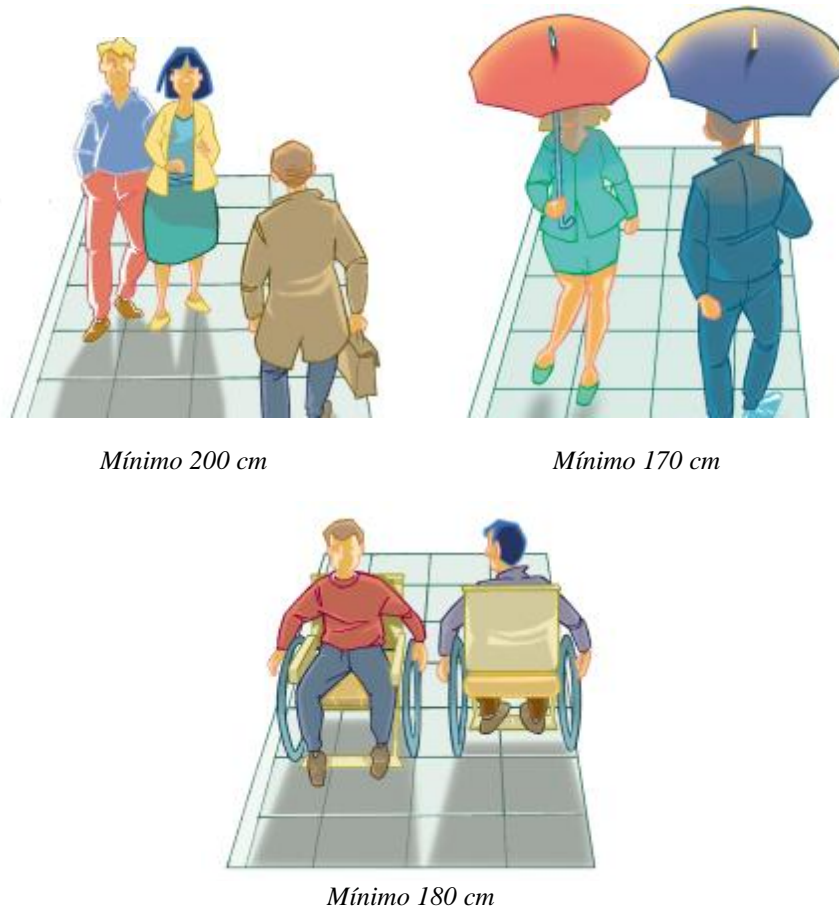


*Fig. 3.7 Alineación de aceras*

La construcción de aceras es un imperativo en toda zona edificada. Sin embargo, muchas veces se ha discutido su justificación en ciertas zonas rurales, semirurales o en proceso de urbanización.

Actualmente en Bolivia y particularmente en Tarija existen zonas edificadas (urbanas) en las cuales prácticamente no existen aceras o las mismas son demasiado estrechas,

significando esto un peligro enorme para los peatones y mucha inseguridad para los conductores que por esta razón deben reducir la velocidad lo cual disminuye la capacidad de la calzada. Por todo esto la inexistencia de las aceras en las ciudades no se debería dar nunca, por lo que es necesario solucionar este problema.



*Figura 3.8 Ejemplos de situaciones que se pueden producir en una acera y del espacio mínimo que necesitan los peatones para circular con comodidad y seguridad.*

Las aceras en ocasiones se convierten en elementos muy difíciles de diseñar, debido a que en algunos lugares la necesidad de varios servicios obliga a disponer de muchos elementos superficiales tales como semáforos, postes, elementos de señalización, columnas u obstáculos de alumbrado, armarios para servicios eléctricos, elementos de mobiliario urbano, etc. Y debido a esto a veces resulta difícil el poder ordenar adecuadamente cada uno de estos elementos para la comodidad de los usuarios.



*Figura 3.9 Ejemplo de aceras en la ciudad de Tarija.*

### **Estándares para los anchos de acera**

Se considera como carril mínimo para la circulación de peatones, el ancho de 60 cm.

El número mínimo de personas que deben circular en una zona comercial, es de cuatro personas, además, se requiere un margen de seguridad hacia el cordón de por lo menos 1.00 mts. De esta forma, el ancho mínimo de acera es de 2.5 mts.

En las vías sujetas a arborización, se considera la circulación de 3 personas y un espacio de un metro para arborización, postaje y mínimo de 2.80 mts.

Se utilizarán tres tipos distintos de cordón: el normal de 15 cm., el atravesable o rebajado de 5 cm. y el de seguridad de al menos 25 cm.

#### **3.2.1.6. Pendiente transversal**

Aparte de las consideraciones relacionadas con el peralte en las curvas y su velocidad de variación en las curvas de transición, cabe hacer otras relaciones con las alineaciones rectas. Para evacuar la lluvia de la calzada, es necesario que esta tenga una inclinación transversal. En las vías con calzada única, lo normal es que haya una arista o limatesa en el eje, y sendos planos inclinados hacia los bordes (bombeo): la sección transversal se representa por dos rectas que se cortan en el eje de la calzada.

En las vías con calzadas separadas, se puede emplear una disposición como la anterior en cada una de ellas; pero es más frecuente que en cada una de ellas tenga una sola pendiente transversal, con el punto alto en el borde de la plataforma contiguo a la mediana.

Para conseguir un desagüe aceptable, es preciso que la pendiente transversal sea superior al 1%. En pavimentos muy bien ejecutados, este valor podría ser suficiente; pero es preferible utilizar una pendiente del orden del 2%; límite que la Norma 3.1-IC “Trazado” eleva al 2,5% donde la pluviometría lo aconseje, por la frecuencia e intensidad de las precipitaciones. En pavimentos con mayores irregularidades, se necesitarán mayores pendientes, hasta un 4%; por encima de este límite, hace falta un cierto esfuerzo en la dirección para contrarrestar la tendencia a salirse de la calzada. Además donde hay bombeo se forma un ángulo en el centro de la calzada que, si es excesivo, puede hacer muy brusco el pasaje de un carril a otro en adelantamientos.

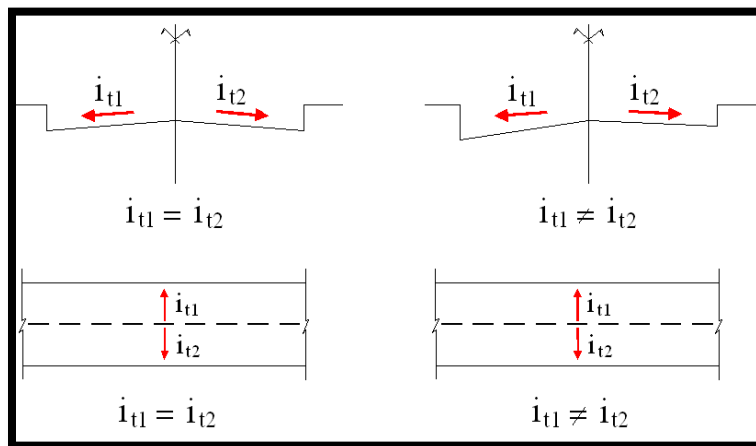


Fig. 3.10 Pendientes transversales

### 3.2.1.7. Los umbrales de las edificaciones

Un trazo urbano consolidado tiene normalmente establecido instalaciones de servicios básicos debajo de la calzada.

En cualquier ciudad se hacen varias de las instalaciones de servicios básicos como agua potable, alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, redes telefónicas, redes de gas domiciliario y redes de luz eléctrica debajo de la calzada a profundidades que restringen alguna modificación del trazo geométrico en altimetría, ya que por la parte superior se tiene

la restricción en niveles por los niveles de los umbrales y los cordones, mientras que por abajo se tiene la restricción de las instalaciones de servicios, en el medio debe instalarse toda la estructura de la calzada, por lo tanto existe una restricción de alturas que al momento de diseñar son influyentes en cuanto menor sea el espacio en altura que se disponga para colocar el diseño altimétrico de la calzada.



*Fig. 3.11 Umbral de la casa dorada \_Tarija.*

### **3.2.1.8. La ubicación de redes e instalaciones de servicios básicos**

Un trazo urbano consolidado tiene normalmente establecido instalaciones de servicios básicos debajo de la calzada.

En cualquier ciudad se hacen varias de las instalaciones de servicios básicos como agua potable, alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, redes telefónicas, redes de gas domiciliario y redes de luz eléctrica debajo de la calzada a profundidades que restringen alguna modificación del trazo geométrico en altimetría, ya que por la parte superior se tiene la restricción en niveles por los niveles de los umbrales y los cordones, mientras que por abajo se tiene la restricción de las instalaciones de servicios, en el medio debe instalarse toda la estructura de la calzada, por lo tanto existe una restricción de alturas que al

momento de diseñar son influyentes en cuanto menor sea el espacio en altura que se disponga para colocar el diseño altimétrico de la calzada.

### **3.3. PARÁMETROS SEGÚN EL TIPO DE VÍA**

Históricamente el diseño de las vías urbanas ha estado en mayor o menor medida condicionado por la movilidad de los medios de transporte de la época. El automóvil no ha sido excepción a esta regla.

En gran parte de la red viaria sigue siendo necesario considerar , como un criterio importante de diseño (nunca el único ), las experiencias de movilidad del vehículo motorizado, así como el espacio destinado a su movimiento, la calzada que es parte fundamental de la sección global de la calle .

Sin embargo la actual concepción de las calles se basa en un intento de cambiar la situación anterior de dominio del automóvil sobre los otros modos de transporte , Con ello, no se trata de invertir arbitrariamente la situación sino de contemplar la posibilidad de existencia de una amplia gama de soluciones con distinta prioridad entre automóvil y peatón.

Es así que la movilidad del vehículo motorizado no debe ser ya el criterio principal de diseño, sino un criterio más (junto con el tráfico no motorizado, el transporte público, el uso estancial, etc.), que primará en mayor o menor medida en función del tipo de tramo o elemento de la red viaria de que se trate.

Conforme a lo indicado anteriormente, es que se hará una división entre lo que son los parámetros de diseño desde la perspectiva del peatón, y los parámetros de diseño tomando en cuenta el movimiento del los vehículos.

#### **3.3.1. Radios de giro**

En concreto, es el radio mínimo de la circunferencia descrita por el neumático delantero exterior en su recorrido.

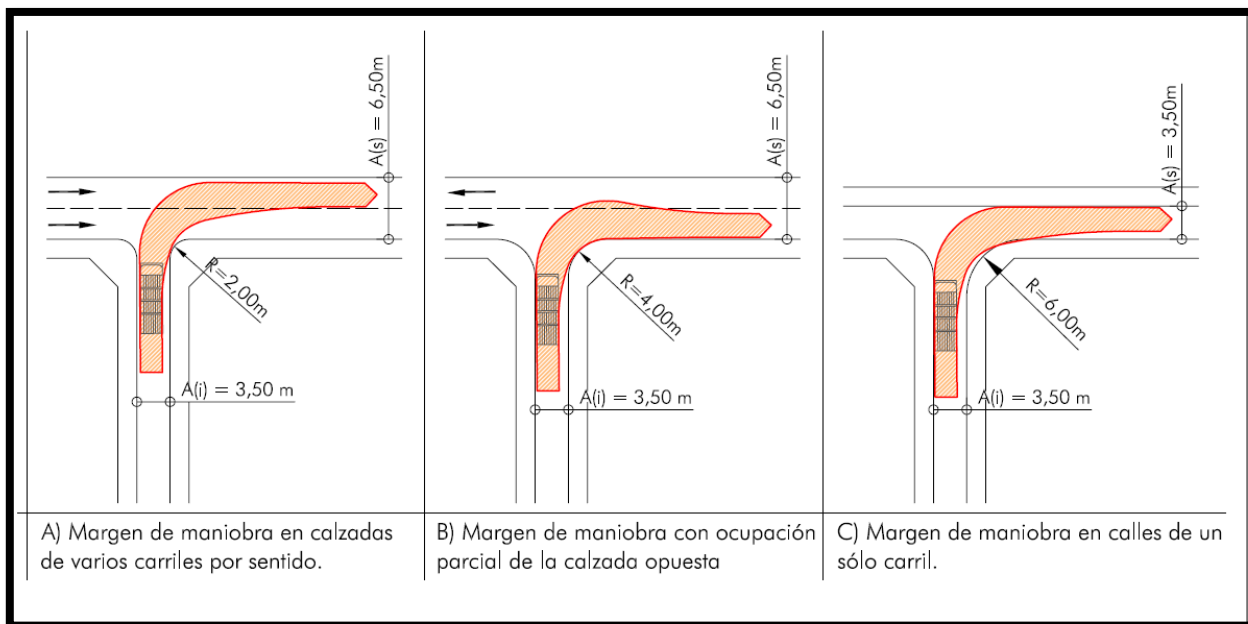


Fig. 3.12 Radios de giro.

**CUADRO N°4** Radios de giro mínimos

JERARQUÍA VÍAL	D. REG.	D. PRINC.	D. DIST.	D. LOC.	C. ACC
D. REGIONAL	40	30	24	18	8
D. PRINCIPAL	30	24	18	14	8
D. DISTRICTAL	24	18	14	11	8
D. LOCAL	18	14	11	8	6
C. DE ACCESO	8	8	8	6	6

Fuente: Dirección de ordenamiento territorial. Gobierno Municipal de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado.

**3.3.2 Vehículo tipo: dimensiones y maniobra**

Vehículo tipo: aunque existe una gran variedad de vehículos automóviles y sus condiciones de maniobra varían mucho, se pueden con arreglo a la serie siguiente de vehículos tipo:

**CUADRO N°5** Dimensiones de vehículos tipo.

TIPO	CLASE	DIMENSIONES (m)				
		anchura (a)	longitud (l)	b	c	d
1	Vehículo ligero tamaño medio	1,7	4,2	0,7	2,7	0,8
2	Vehículo ligero de gran tamaño	1,8	4,9	0,8	2,8	1,3
3	Vehículo comercial ligero o micro bús	2,2	7	1,4	3,8	1,8
4	Camión ligero de dos ejes	2,5	9	1,2	6	1,8
5	Camión rígido de tres ejes o autobús	2,5	12	2,4	6	3,6
6	Vehículo pesado articulado (Tipo A)	2,5	15	...	...	...
7	Vehículo pesado articulado (Tipo B)	2,5	16,5	...	...	...

*Fuente: Dirección de ordenamiento territorial. Gobierno Municipal de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado.*

**b) Maniobras:** En resumen las maniobras posibles de cada uno de estos vehículos tipo pueden ser:

\*1 *Giro directo de 90 grados.*

\*2 *Cambio de sentido:*

- en giro de 360 grados.
- en giro de 180 grados (giro en U).
- en T
- en Y
- en L

Las necesidades de espacio para las maniobras de los diferentes vehículos – tipo cambian con la evolución de los propios vehículos. A continuación se muestran las correspondientes al giro directo de 90 grados para un vehículo tipo 1.

## CUADRO N°6 Espacios necesarios para un giro de 90°.

Vehículo	Radio interior	Radio exterior	Sobreancho
Tipo (1)	r1 (m)	r2 (m)	s (m)
1	3.4	5.80	0.35
2	6	8.85	0.40
3	8	11.40	0.60
4	8.5	12.50	0.70
5	10	13.60	1.40
6	6	12.00	0.35
7	6	13.50	0.36

Fuente : Recomendaciones para el proyecto y diseño urbano (L. Felipe Manchón y Juan A. Santa mera)

### 3.3.3. Distancias de visibilidad y parada

La distancia de visibilidad en general, es la longitud máxima de vía que puede ver un conductor en tiempo normal y buenas condiciones de iluminación .

#### *\*1. Visibilidad en vías urbanas*

En vías urbanas conviene mantener una distancia mínima de visibilidad igual a la distancia de parada en todo el recorrido.

#### *\*2. Cálculo de la distancia de visibilidad*

Se considerará una cota de observación de 1.10 a 1.20m . y una altura de obstáculo de 0 a 1.10m .

En función de la velocidad de diseño pueden adoptarse las distancias de parada indicadas a continuación.

**CUADRO N°7** Distancias de parada.

Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia de parada (m)
20	15
25	17
30	20
40	32
50	50
60	70
70	90
80	110

Fuente : Recomendaciones para el proyecto y diseño urbano (L. Felipe Manchón y Juan A. Santa mera)

**\*3. Visibilidad en curvas**

En curvas, la distancia libre lateral de visibilidad viene marcada en el esquema siguiente, que relaciona el retranqueo mínimo de los obstáculos a la visibilidad ( $r$ ), el radio de la curva horizontal ( $R$ ) y la velocidad de diseño ( $V$ ).

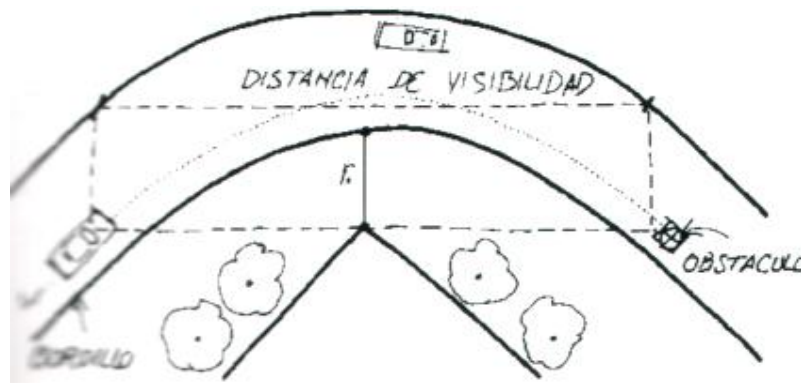


Fig. 3.13 Distancia de visibilidad en curvas.

**\*4. Visibilidad en cruces**

En las intersecciones conviene dejar libre de obstáculos un área en los puntos de intersección (triángulo de visibilidad) de dimensiones variables en función del tipo del cruce y categoría de las vías. En vías de cierta importancia se prescindirá en dicha área del aparcamiento de vehículos, mobiliario urbano u otras barreras visuales

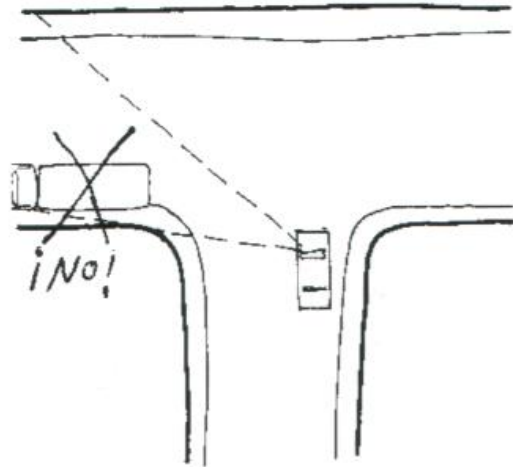


Fig. 3.14 Visibilidad en intersecciones.

\*5. Visibilidad lateral

Esta distancia de visibilidad lateral es muy importante porque la ausencia de dicha distancia puede ocasionar accidentes, según la Dirección de ordenamiento territorial del Gobierno Municipal de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado se establece que esta distancia debe estar a  $45^\circ$  como se muestra en la figura 3.15.

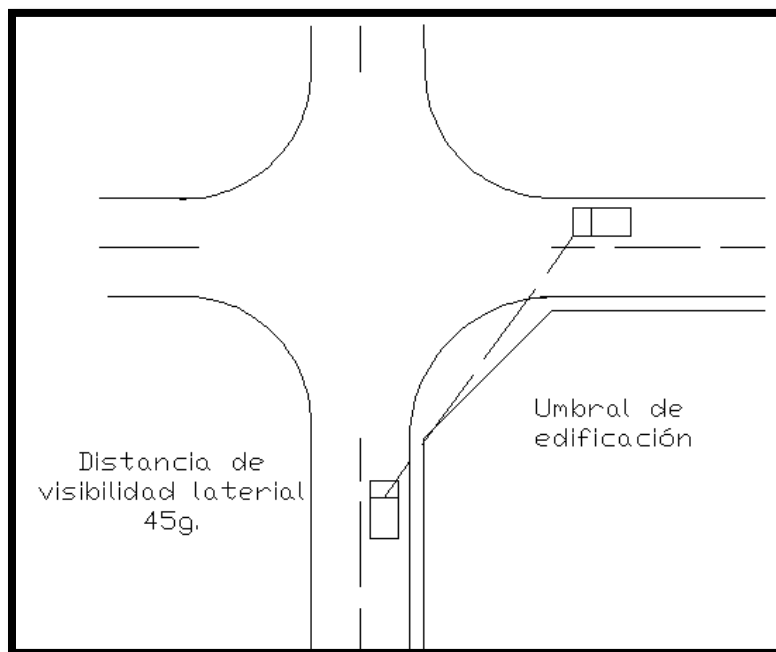


Fig. 3.15 Distancia de visibilidad lateral.

#### \*6. Visibilidad en curvas verticales

En los cambios de pendiente es necesario introducir curvas de transición vertical (en general parábolas) por exigencias de visibilidad, confort y estética.

También en este caso los condicionantes del trazado urbano son menos estrictos que los análogos interurbanos, pudiendo incluso reducirse a una curva de pocos metros entre dos alineaciones preexistentes.

El mantenimiento de la visibilidad adecuada condiciona los parámetros de trazado de las curvas verticales como sigue:

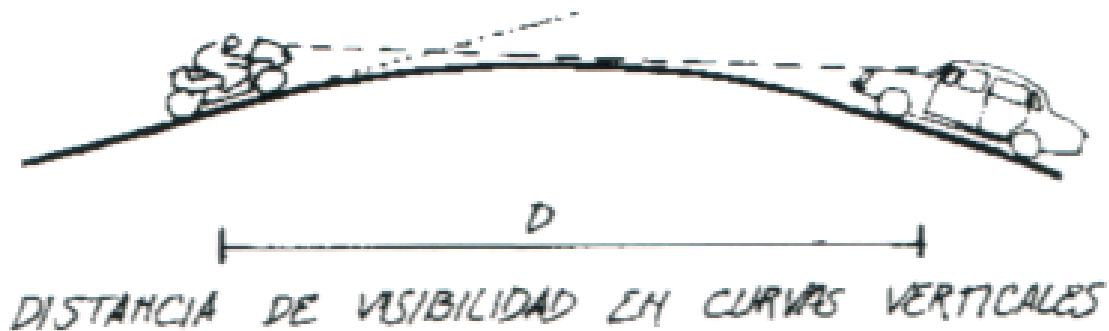


Fig. 3.16 Visibilidad en Curvas Verticales.

- Aceleración vertical no superior a  $0.5 \text{ m/sg}^2$

- Por condicionamientos estéticos :

Longitud de curva (L) no menor de  $K \times V$  . siendo :

$K = 0.6 \text{ a } 1$        $V = \text{Velocidad de diseño (Km/h)}$

### 3.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

De un modo general la relación del trazo urbano con el diseño geométrico de las calles está en función de algunos criterios más importantes a tomar en cuenta para el diseño geométrico de las calles urbanas, siendo las características concretas de cada calle en el entorno del trazo urbano, ya que generalmente las calles obedecen a un trazo urbano ya definido, lo más usual en ciudades de Bolivia y en las de muchos países latinoamericanos

es la cuadrícula que genera los manzanos de 100m de longitud entre intersecciones, fuera del casco urbano central ya se pueden encontrar dentro del trazo urbano la existencia de calles de mayor ancho como las avenidas, radiales y arterias de circunvalación, las que obedecen a otro criterio geométrico más moderno y con visión más futurista, aunque en muchos casos este tipo de arterias se encuentran dentro del trazo antiguo creando una discontinuidad de geometría. Estas condiciones son las que determinen, en definitiva, los parámetros de diseño.

Comenzando por el trazado en planta de las calles, podemos decir que los cambios de alineaciones en las mismas por lo general no se adaptan mediante curvas de transición como en el caso de carreteras, sino mediante lo que suele llamarse “puntos singulares” de trazado, que coinciden con intersecciones, plazas, glorietas, pero existen excepciones en las que dichos puntos no coinciden con las intersecciones o glorietas y en los mismos es necesario disponer de curvas de transición casi siempre circulares .

Para el diseño del trazado en alzado los factores más importantes son:

Las pendientes máximas y mínimas a tomar en cuenta y los criterios de elección de las mismas para lograr el diseño óptimo de la calle tanto en la calzada como en las aceras .

Las curvas de transición vertical (por lo general parábolas ) son necesarias en los cambios de pendiente por exigencias de visibilidad, confort y estética.

En la sección transversal, comenzamos con el diseño de la calzada y la acera, que son los espacios destinados a la circulación de vehículos y peatones respectivamente, por lo cuál merecen mucha importancia y un diseño adecuado y óptimo.

Para el dimensionamiento de la calzada pueden ser necesarios en ciertos casos estudios específicos de tráfico siendo el factor más importante (no el único) de dicho tráfico que influye en el dimensionamiento, la “intensidad de tráfico”

La capacidad de la calzada viene condicionada frecuentemente más por las intersecciones y enlaces que por la sección normal de la calzada por lo cual es necesario equilibrar el tratamiento de ambos para evitar sobredimensionamientos ineficaces.

En cuanto concierne al diseño de las aceras de un modo general se puede decir que más allá del estricto cálculo de la capacidad peatonal de la cuál ya se habló anteriormente se toma como principal recomendación el dimensionamiento generoso de las aceras, tomando en cuenta la necesidad de recuperación del espacio social de la calle.

Llegando ya a lo que son las intersecciones, cabe destacar que su diseño es muy importante ya que de su correcta solución depende en gran parte que el tránsito sobre la misma se efectúe sin provocar saltos de los vehículos, es decir que los conductores transiten cómodamente sobre las mismas.

El método a tomar en cuenta para el diseño de las intersecciones, consiste en hacer que la calle que ha sido escogida como gobernadora pierda su pendiente transversal al llegar a la intersección y que así pase por esta para ir tomando después su pendiente original.

Para la calle transversal la condición es que ella pierda su sección paulatinamente hasta llegar a tener un bombeo, al llegar a la calle gobernadora, igual a la pendiente longitudinal de la misma.

### 3.4.1. En vías rectas

En este apartado se realizara el diseño de una calle o vía recta y se tratará de esquematizar el proceso de diseño con un ejemplo.

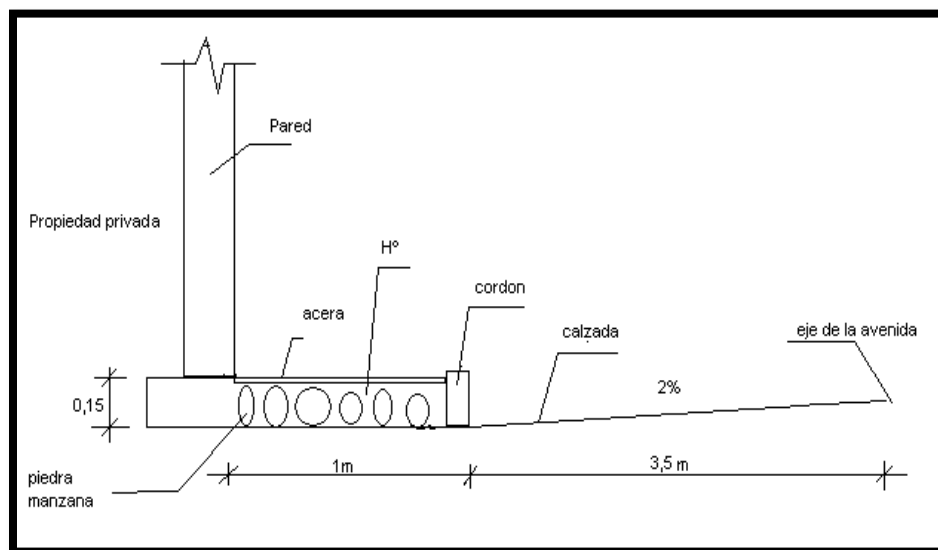


Fig. 3.17 Sección transversal tipo de una calle

### 3.4.1.1 Ejemplo de diseño

Teniendo una longitud de 45 m de la vía recta y con las cotas dadas en la figura se procede a realizar el diseño.

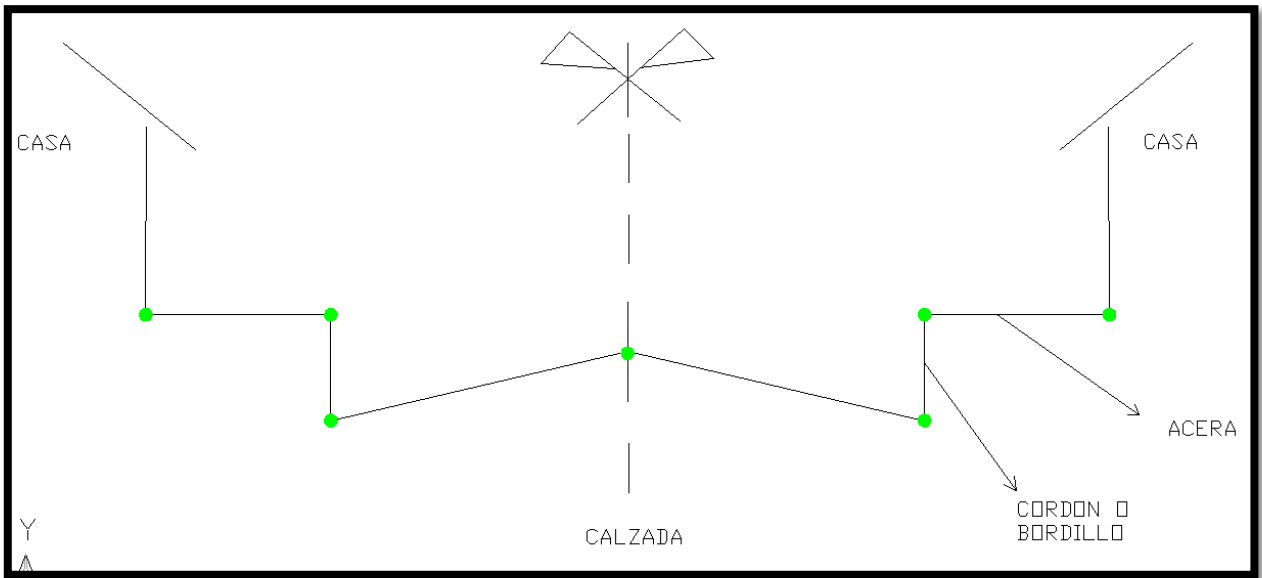


Fig. 3.18 Esquema de la sección transversal de una vía recta.

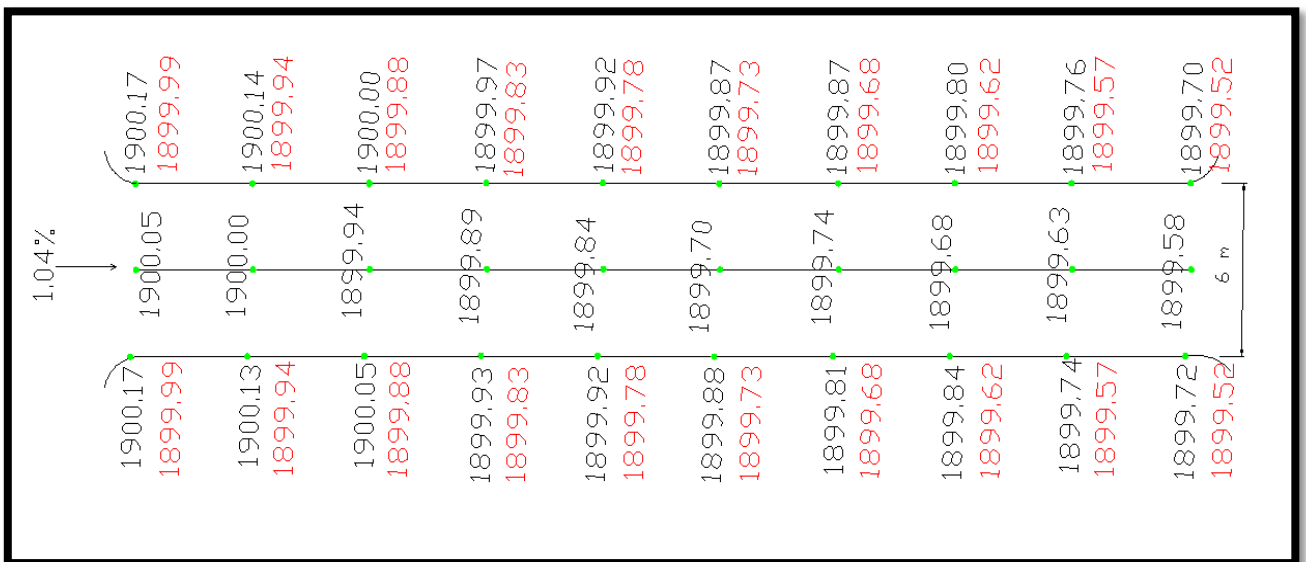


Fig. 3.19 Cotas bordillo, Cotas rasante tanto de margen izquierdo como derecho y cotas eje.

### Procedimiento de Cálculo:

$L = 45m$  Longitud de cuadra

Obtención de la pendiente:

$$Desnivel = Cota\ inicial - Cota\ final$$

$$Desnivel = 1899.99m - 1899.52 = 0.47m$$

$$i\% = \frac{Desnivel}{Longitud} * 100$$

$$i\% = \frac{0.47}{45} * 100 = 1.04\%$$

Una vez obtenida la pendiente se procede a determinar las cotas rasante restando a la primera cota la altura de bordillo que según norma se encuentra en un rango de 10cm - 25cm, y el recomendado es de 18 cm, determinada la primera cota rasante se procede a calcular las demás cotas con la siguiente expresión:

$$C_R = C_{Ranterior} + \frac{i * (d)}{100}$$

### Donde:

$C_R$ : Cota rasante

$C_{Ranterior}$  : Cota rasante anterior

$i_t$ : Pendiente longitudinal

$a$ : Distancia parcial

Las cotas rasantes obtenidas para el margen izquierdo deben ser iguales para el margen derecho y se debe realizar la verificación de las alturas de los cordones para comprobar que estos estén dentro de los valores establecidos.

A continuación se calcula las cotas de eje mediante la siguiente fórmula:

$$Cota\ eje\ de\ Diseño = C_R + \frac{i_{transversal} * (\frac{a}{2})}{100}$$

**Donde:**

$C_R$ : Cota rasante

$i_t$ : Pendiente transversal

$a$ : Ancho de calzada

$$Cota\ eje\ de\ Diseño = 1899.99 + \frac{2 * (\frac{6}{2})}{100} = 1900.05m$$

Se procede de la misma manera a lo largo de la vía, obteniendo las cotas rasantes y las cotas de los ejes.

### **3.4.2. En intersecciones**

Tomando en cuenta las restricciones que se tienen al realizar el diseño geométrico de calles de trazo urbano consolidado hemos determinado una metodología de diseño tomando en cuenta cada una de estas restricciones, la metodología no es única, es decir, que para cada condición se establece una metodología que responda a encontrar la solución más adecuada de diseño que se encuadre en los criterios priorizados.

#### **3.4.2.1. Metodología para casos de restricciones desde el punto de Vista Altimétrico.-**

Por las pendientes Longitudinales.- Las pendientes longitudinales tienen dos efectos que son:

##### **1) Efecto en la pendiente longitudinal interna de la calle**

En esta situación se tienen:

- Las pendientes en ambos extremos laterales de la calle sean iguales

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

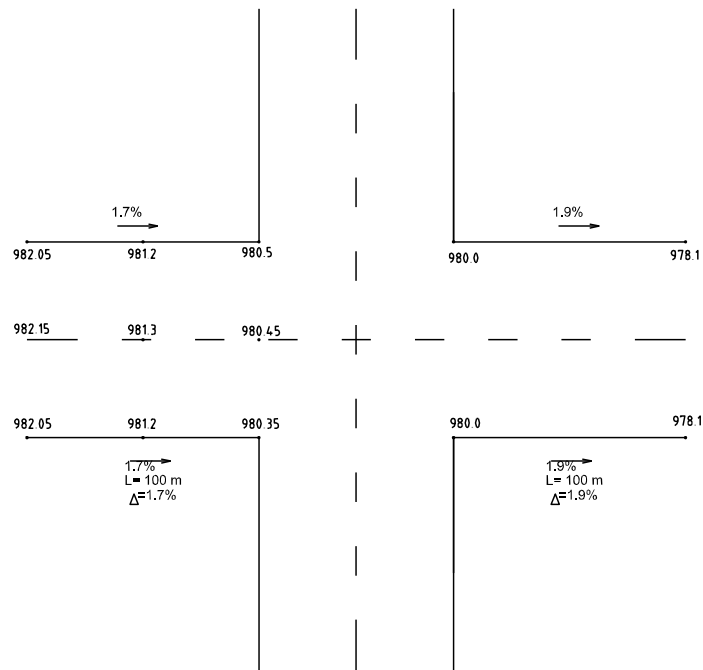
- a) Se determina las pendientes longitudinales de ambos extremos laterales de la calle en cota de cordones.
- b) Se utiliza la pendiente promedio para la pendiente longitudinal de la cuneta de la calle, utilizando la misma para ambos extremos.
- c) Con las pendiente simétricas de ambos extremos laterales, definido la pendiente transversal se determinan las cotas eje.
  - Las pendientes en ambos extremos laterales de la calle sean diferentes

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

- a) Se determina las pendientes longitudinales de ambos extremos laterales de la calle en cota de cordones.
- b) Se utiliza una de las pendientes o en su caso una pendiente promedio para la pendiente longitudinal de la cuneta de la calle, utilizando la misma para ambos extremos, esto dará lugar a una deformación de la altura de cordones, pero no existirá deformación geométrica en la calle.

La elección de la pendiente a utilizar esta en función a sus cotas de salida de la intersección y las cotas de llegada a la próxima intersección.

- c) Con las pendiente simétricas de ambos extremos laterales, definido la pendiente transversal se determinan las cotas eje.

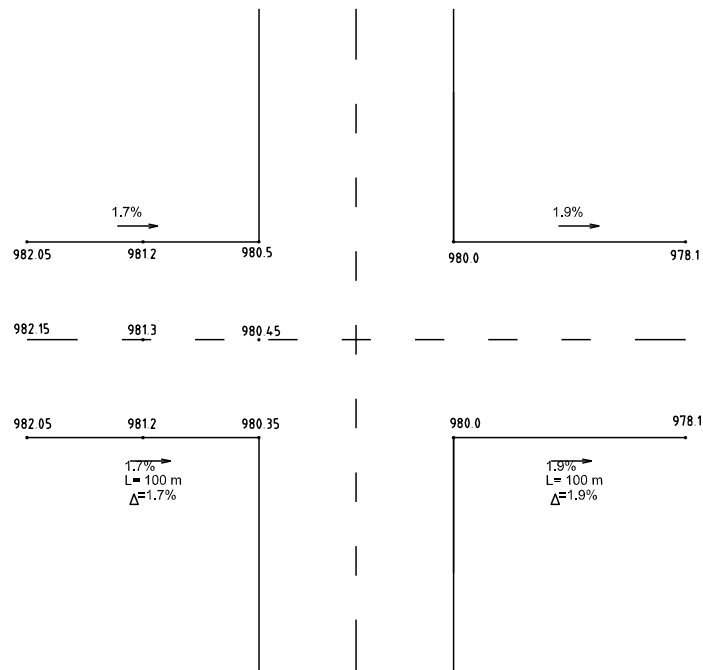


2) **Por las pendientes transversales:** Las pendientes transversales tienen el efecto de dar a la calle simetría o asimetría transversal:

**a) Caso de Simetría Transversal**

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

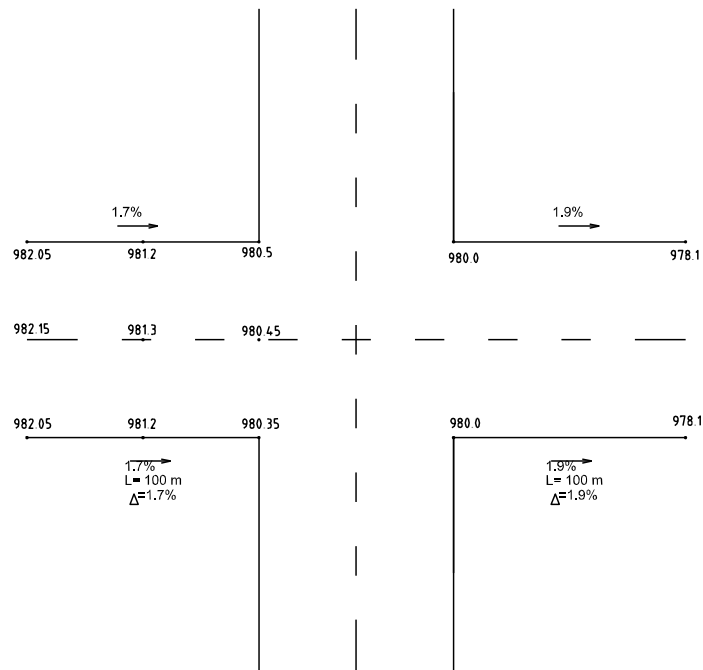
- a) Se determina las pendientes longitudinales de ambos extremos laterales de la calle en cota de cordones.
- b) Se utiliza una de las pendientes para la pendiente longitudinal de la cuneta de la calle utilizando la misma para ambos extremos, esto dará lugar a una simetría transversal de la altura de cordones y no existirá deformación geométrica en la calle.
- c) Con las pendiente simétricas de ambos extremos laterales, definido la pendiente transversal se determinan las cotas eje.



## b) Asimetría Transversal

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

- Se determina las pendientes longitudinales de ambos extremos laterales de la calle en cota de cordones.
- Se utiliza una de las pendientes para la pendiente longitudinal de la cuneta de la calle, si se establece que la calle debe tener asimetría transversal por tener una diferencia de cordones  $>$  a 20 cm en cota cordón neto, en tal caso se procede a definir pendientes transversales diferenciadas de izquierda y derecha, lo que origina una asimetría de la calle no deseada, este caso solo será aplicado en casos extremos.
- Con las pendiente simétricas de ambos extremos laterales, definido la pendiente transversal se determinan las cotas eje.

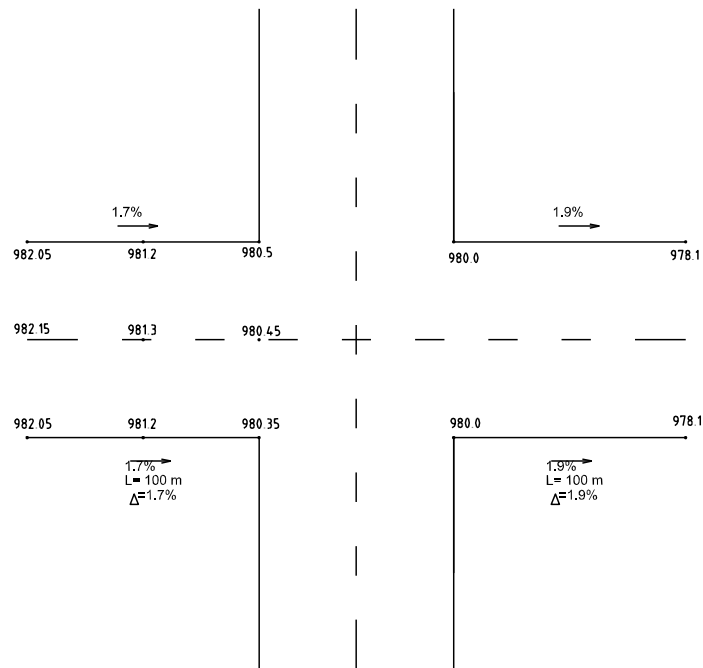


3) Por los acuerdos verticales:

**a) Pendiente continua**

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

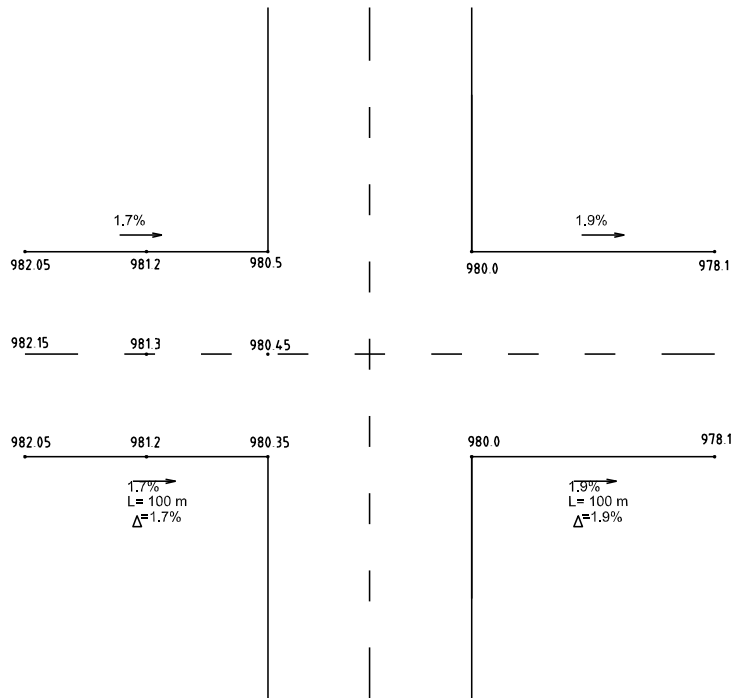
- Se determina las pendientes longitudinales de ambos extremos laterales de la calle en cota de cordones.
- Se utiliza dicha pendiente para la pendiente longitudinal de la cuneta de la calle, utilizando la misma para ambos extremos.
- Con las pendiente simétricas de ambos extremos laterales, definido la pendiente transversal se determinan las cotas eje.



### b) Pendiente discontinua

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

- Se determina las pendientes longitudinales discontinuas a lo largo de la cuadra, si la variación entre ambas pendientes es  $>$  a 0,5% se diseña un acuerdo vertical, caso contrario será un quiebre constructivo.
- En caso de tenerse el acuerdo vertical se diseña este utilizando una longitud de curva mayor a 20m para hacer lo mas suavizada posible de manera que no sea percibido como un acuerdo brusco por el conductor.
- Se utilizan las cotas finales del acuerdo vertical para ambos lados de la calle como pendiente longitudinal de la cuneta de la calle, para el resto se mantienen las cotas con las pendientes longitudinales respectivas.
- Con las pendientes simétricas para ambos extremos laterales, definida la pendiente transversal, se determinan las cotas eje.



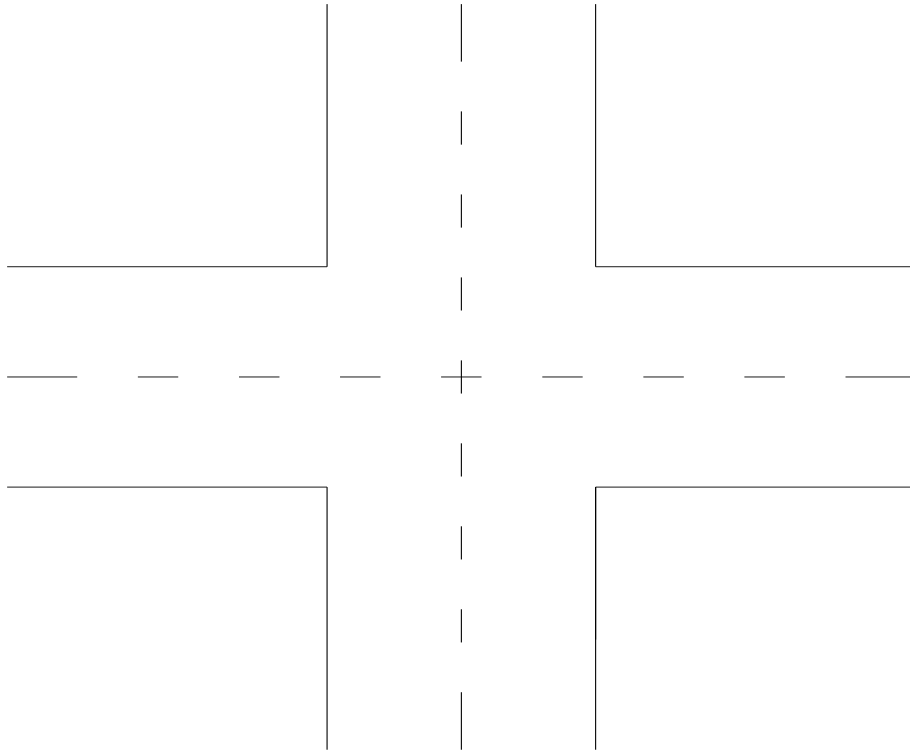
**Desde el punto de Vista Planimétrico.-**

1) **Por el alineamiento de los ejes.-** Los alineamientos longitudinales tienen dos efectos que son:

**a) Efecto de tener alineamientos rectos**

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

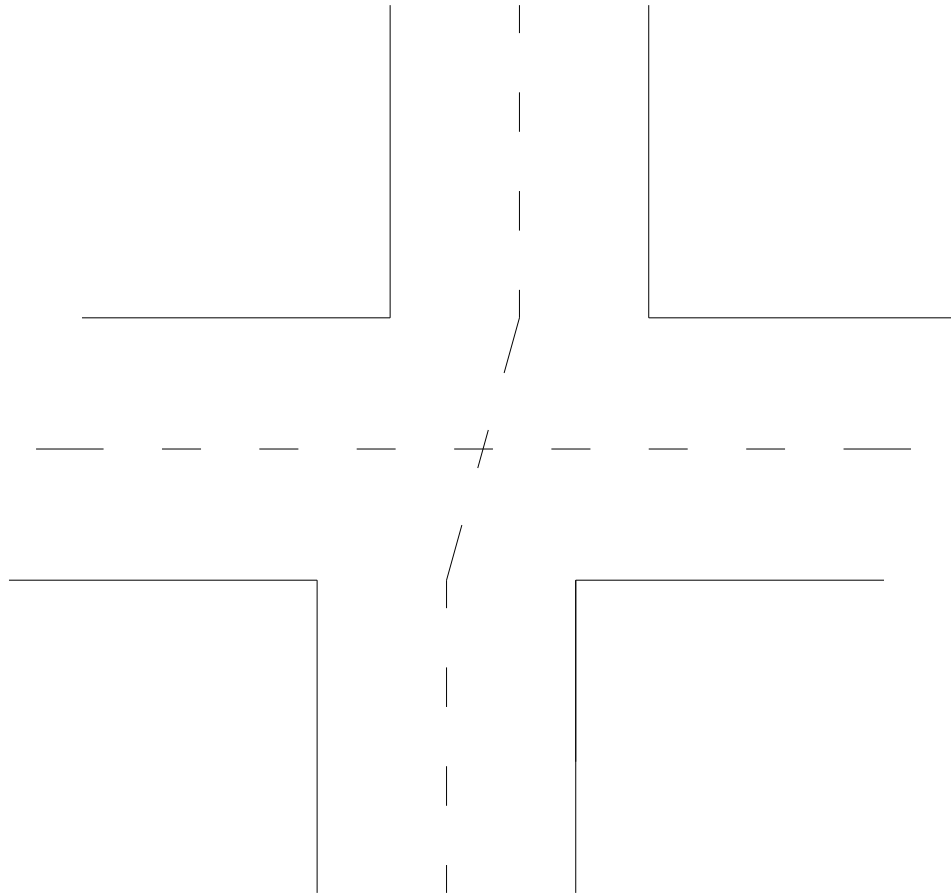
- a) Se determina las pendientes longitudinales de cada alineamiento como estos son rectos existe continuidad y simetría.
- b) Se utilizan las cotas finales de cada alineamiento en sus cuadras correspondientes y en la intersección se mantiene el alineamiento en ejes, con las cotas determinadas en función de la priorización de calles entre principal y secundaria..
- c) Con las pendientes simétricas para ambos alineamientos, se determinan las cotas eje.



### **b) Efecto de tener alineamientos con esviaje**

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

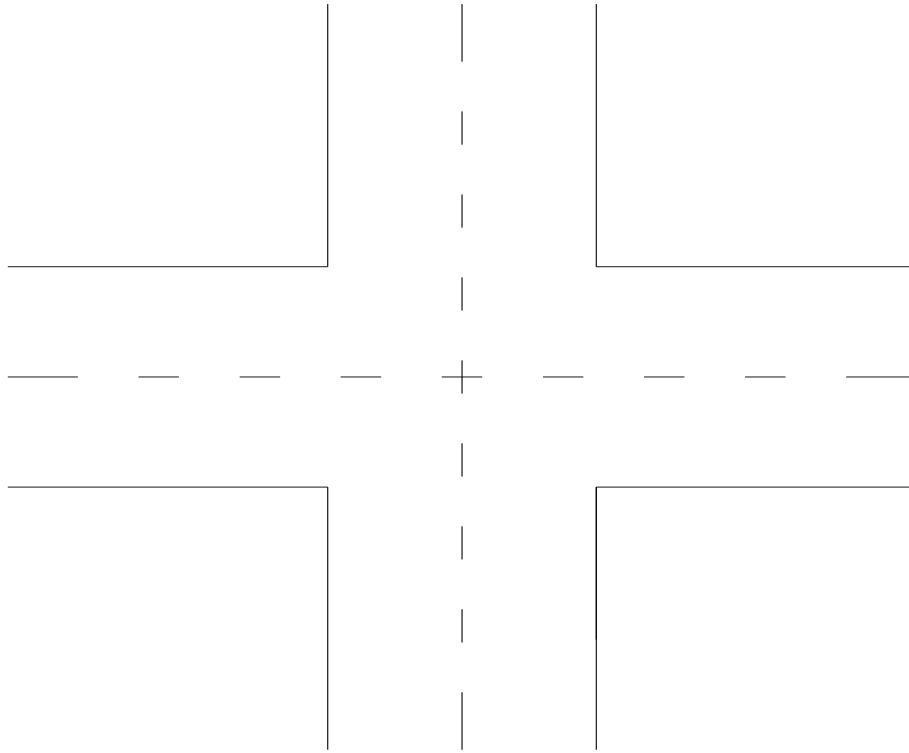
- a) Se determina las pendientes longitudinales de cada alineamiento como estos son diferentes se producirá esviaje en la intersección.
- b) Se utilizan las cotas finales de cada alineamiento en sus cuerdas correspondientes y en la intersección se mantiene el alineamiento con esviaje en ejes, con las cotas determinadas en función de la priorización de calles entre principal y secundaria.
- c) Con las pendientes simétricas para ambos alineamientos, se determinan las cotas eje.



**a) Eje simétrico con anchos de carril constante**

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

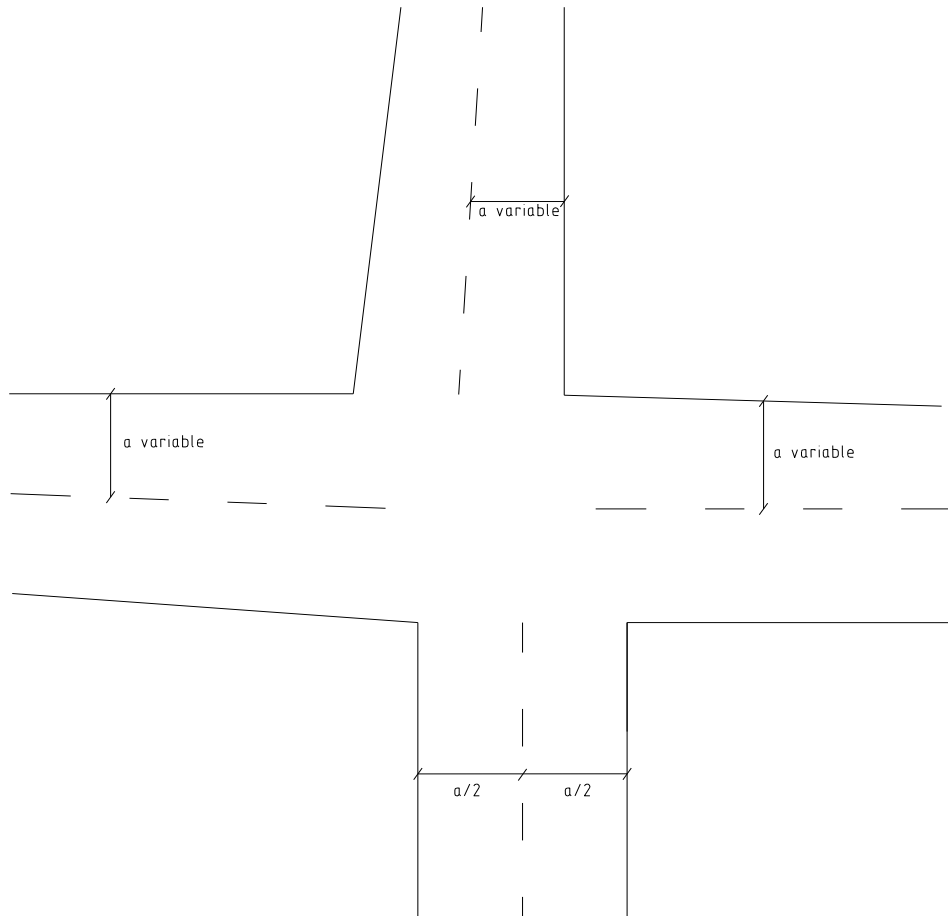
- a) Se determina las pendientes longitudinales de cada extremo lateral, sabiendo que existe simetría por los anchos constantes se tienen cotas de diseño simétricos.
- b) Se utilizan las cotas finales de cada alineamiento en sus cuadras correspondientes y en la intersección se mantiene el alineamiento con los anchos siméticos, con las cotas determinadas en función de la priorización de calles entre principal y secundaria.
- c) Con las pendientes simétricas para ambos alineamientos, se determinan las cotas eje.



b) Eje simétrico con anchos de carril variable

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

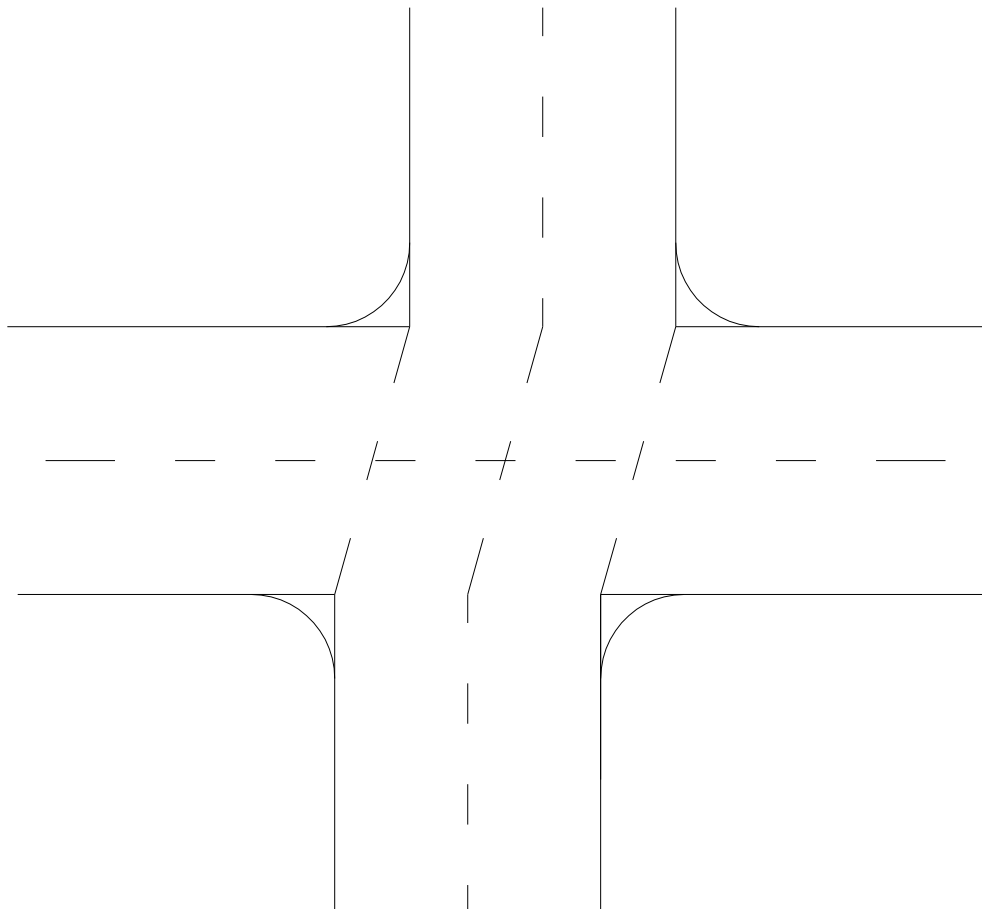
- a) Se determina las pendientes longitudinales de cada extremo lateral, sabiendo que existe asimetría por los anchos variables se tienen cotas de diseño variables en función al ancho variable.
- b) Se utilizan las cotas finales de cada alineamiento en sus cuadras correspondientes y en la intersección se empalma las terminales de los ejes para formar el alineamiento de la intersección que en la mayoría de este tipo de situaciones es esviada, con las cotas determinadas en función de la priorización de calles entre principal y secundaria.
- c) Con las pendientes simétricas para ambos alineamientos, se determinan las cotas eje.



### a) Esviaje en intersección simple

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

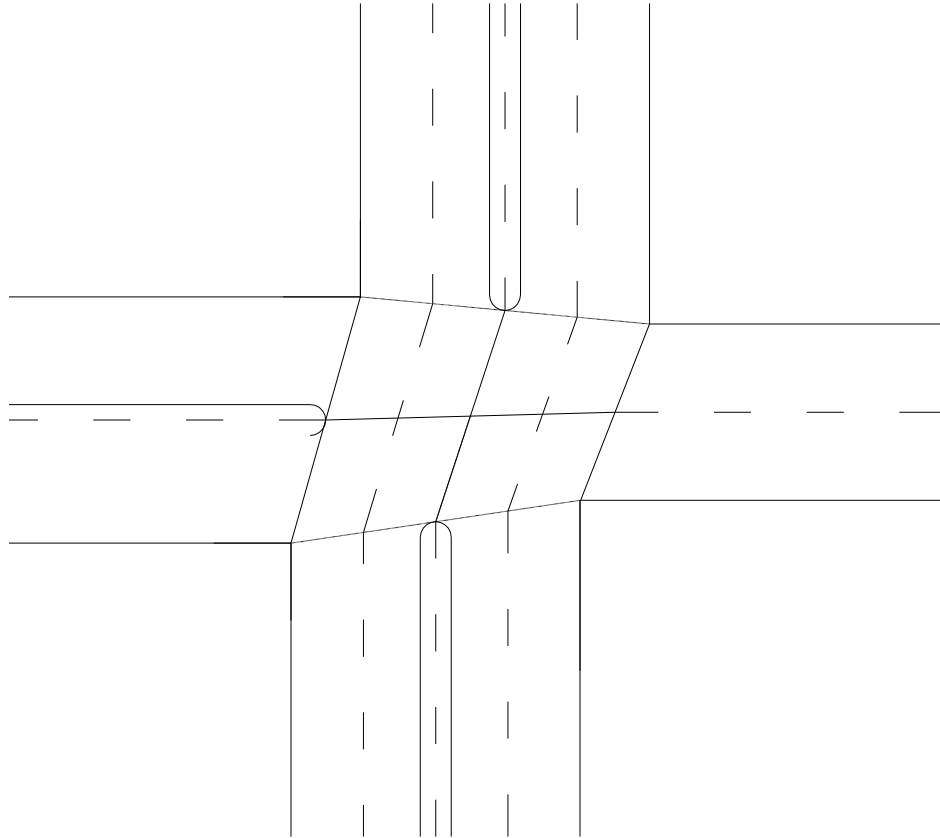
- a) Se determina las pendientes longitudinales de cada extremo lateral, sabiendo que existe simetría por los anchos constantes se tienen cotas de diseño simétricos estos son diferentes se producirá esviaje en las intersección.
- b) En la intersección se produce un esviaje que al ser simple corresponde a la calle principal o a la secundaria, en la que corresponda se ubica las cotas laterales en dirección del esviaje .
- c) Se utilizan las cotas finales de cada alineamiento en sus cuadras correspondientes y en la intersección se mantiene el alineamiento con esviaje en ejes, con las cotas determinadas en función de la priorización de calles entre principal y secundaria.



### b) Esviaje en intersección doble

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

- a) Se determina las pendientes longitudinales de cada extremo lateral, sabiendo que existe simetría por los anchos constantes se tienen cotas de diseño simétricos como los alineamientos después de la intersección no son continuos se producen un esviaje en la intersección.
- b) En la intersección se produce un esviaje que al ser doble corresponde a la calle principal y a la secundaria, en ambas se ubica las cotas laterales en dirección del esviaje.
- c) Se utilizan las cotas finales de cada alineamiento en sus cuadras correspondientes y en la intersección se mantiene el alineamiento con esviaje en ejes, con las cotas determinadas en función de la priorización de calles entre principal y secundaria.

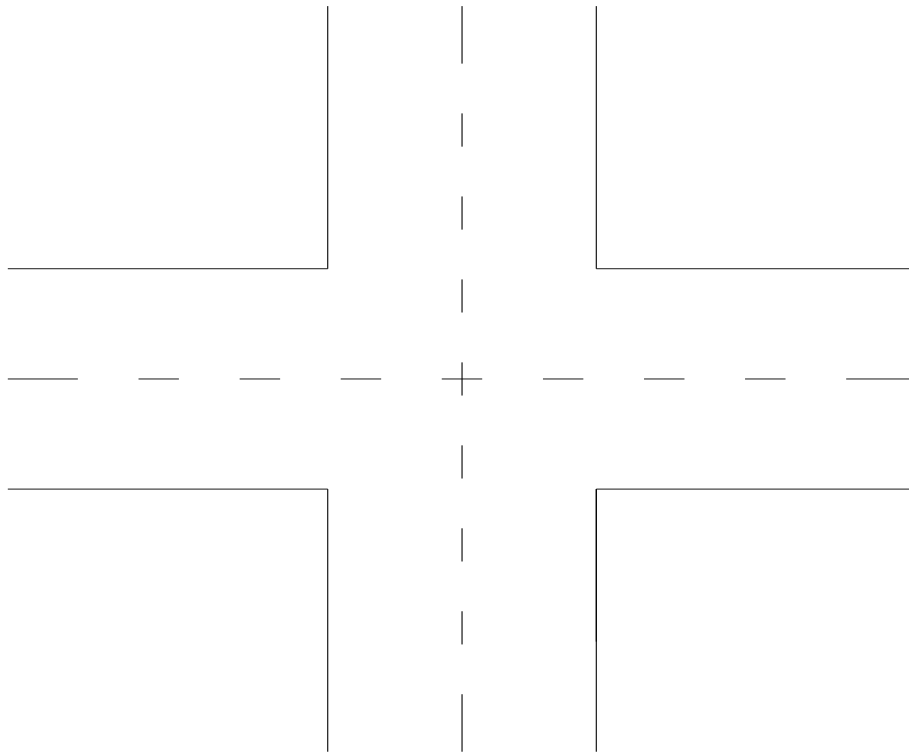


**Por el ancho de calzada.-** Las secciones transversales pueden ser de un solo carril, de dos carriles y de más de dos carriles, en estos últimos casos con y sin separador central los efectos que producen son:

**a) Efecto de tener alineamientos rectos**

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

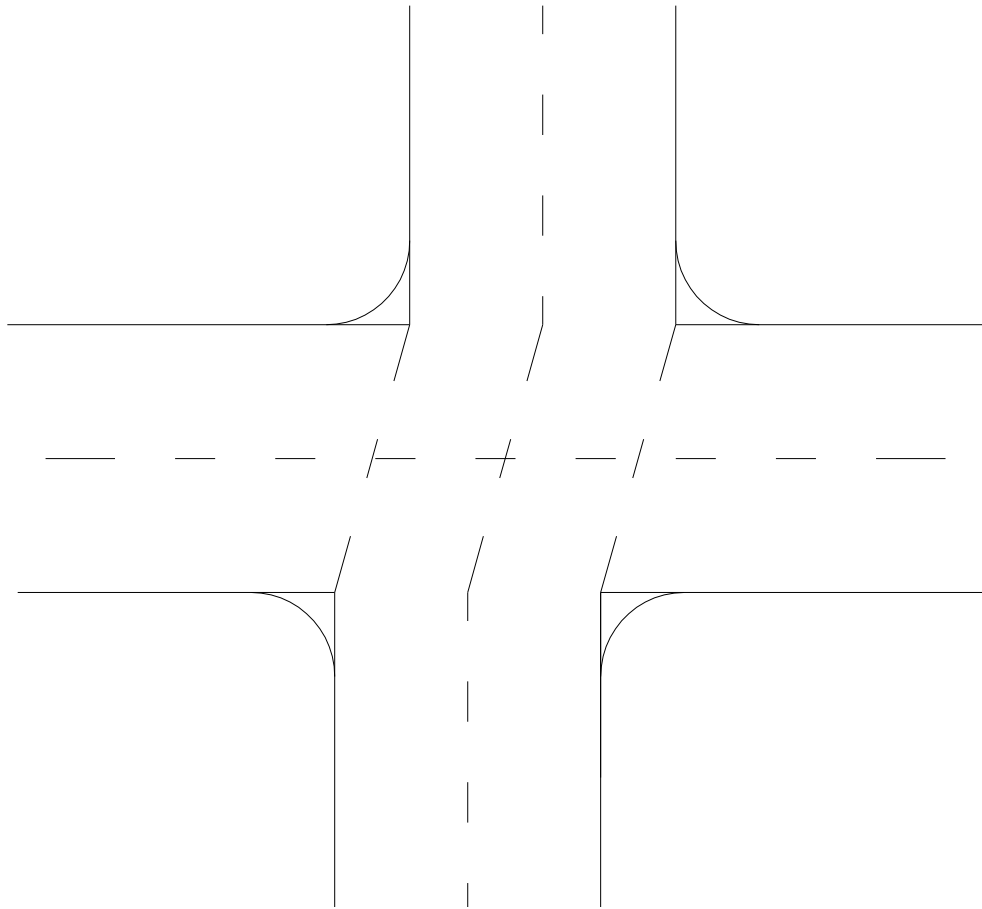
- a) Se determina las pendientes longitudinales de cada extremo lateral, sabiendo que existe simetría por los anchos constantes se tienen cotas de diseño simétricos.
- b) Se determinan las cotas en la intersección manteniendo la simetría por los anchos constantes y el alineamiento recto siguiendo la priorización de la calle principal sobre la secundaria.
- c) Se utilizan las cotas finales de cada alineamiento en sus cuadras correspondientes y en la intersección se mantiene el alineamiento en ejes, con las cotas determinadas en función de la priorización de calles entre principal y secundaria.



### **b) Efecto de tener alineamientos con esviaje**

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

- a) Se determina las pendientes longitudinales de cada extremo lateral, sabiendo que existe simetría por los anchos constantes se tienen cotas de diseño simétricos estos son diferentes se producirá esviaje en la intersección.
- b) En la intersección se produce un esviaje que al ser simple corresponde a la calle principal o a la secundaria, en la que corresponda se ubica las cotas laterales en dirección del esviaje.
- c) Se utilizan las cotas finales de cada alineamiento en sus cuadras correspondientes y en la intersección se mantiene el alineamiento con esviaje en ejes, con las cotas determinadas en función de la priorización de calles entre principal y secundaria



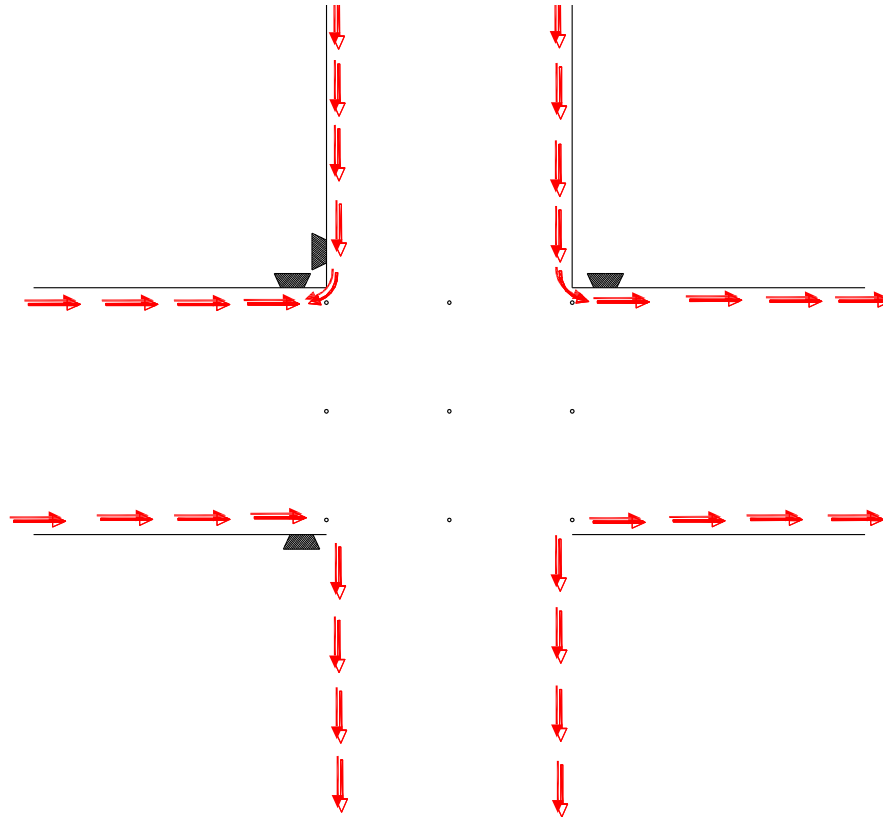
### **Desde el punto de Vista del Drenaje Superficial.-**

#### **Efecto de calles con drenaje pluvial**

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

- a) Se determina las pendientes longitudinales de cada extremo lateral, sabiendo que existe simetría por los anchos constantes se tienen cotas de diseño simétricos a asimétricos.
- b) Al existir sumideros en todas las llegadas del escurrimiento de las cunetas, por lo tanto el diseño de la intersección queda liberada totalmente de las condiciones de dirección del escurrimiento, determinando las cotas de la intersección siguiendo la metodología en función de la priorización de calles entre principal y secundaria.

- c) Con las pendientes simétricas o asimétricas para ambos alineamientos, se determinan las cotas eje.

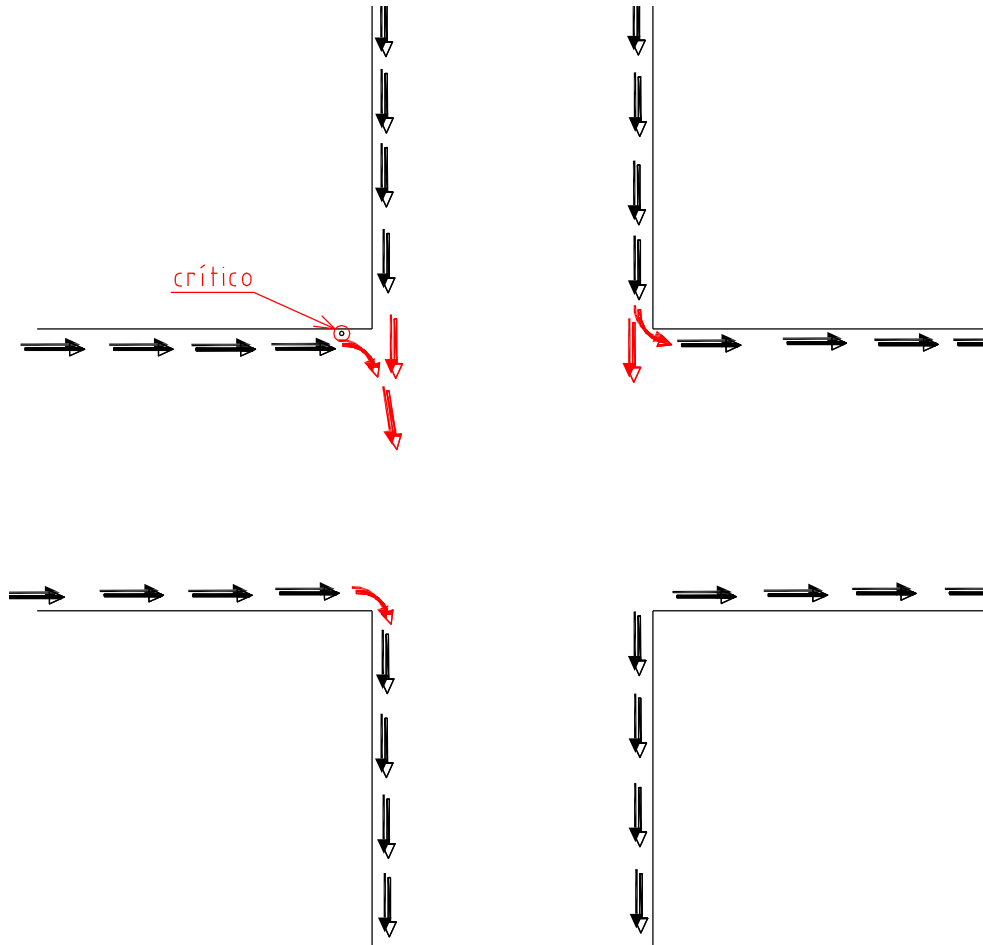


### **Efecto de calles sin drenaje pluvial**

En este caso la metodología de diseño será la siguiente:

- a) Se determina las pendientes longitudinales de cada extremo lateral, sabiendo que existe simetría por los anchos constantes o variables se tienen cotas de diseño.
- b) Al no existir sumideros en todas las llegadas del escurrimiento de las cunetas, por lo tanto el diseño de la intersección debe considerar las condiciones de la dirección del escurrimiento, determinando las cotas de la intersección siguiendo la metodología en función de la priorización de calles entre principal y secundaria.

- c) Con las pendientes simétricas o asimétricas para ambos alineamientos, se determinan las cotas eje.



### 3.4.2.1. Intersecciones en “T”

Se llama así a las configuraciones de tres ramas, que asemejan una “T”. En éstas, es frecuente el caso de ramas de diversa importancia, lo cual se determina mediante los conteos pertinentes.

La cantidad de movimientos posibles es seis, si todas las ramas tienen doble sentido, y cuatro y dos si una de ellas o todas tienen sentido único, respectivamente. Esto sin considerar la posibilidad de giros en “U”.

Y su coordinación se la realiza de acuerdo a las cotas gobernantes C1, C2 C3, como se muestra en la figura a continuación, además de siempre contemplar las distancias de transición de 20 m en cada uno de los accesos.

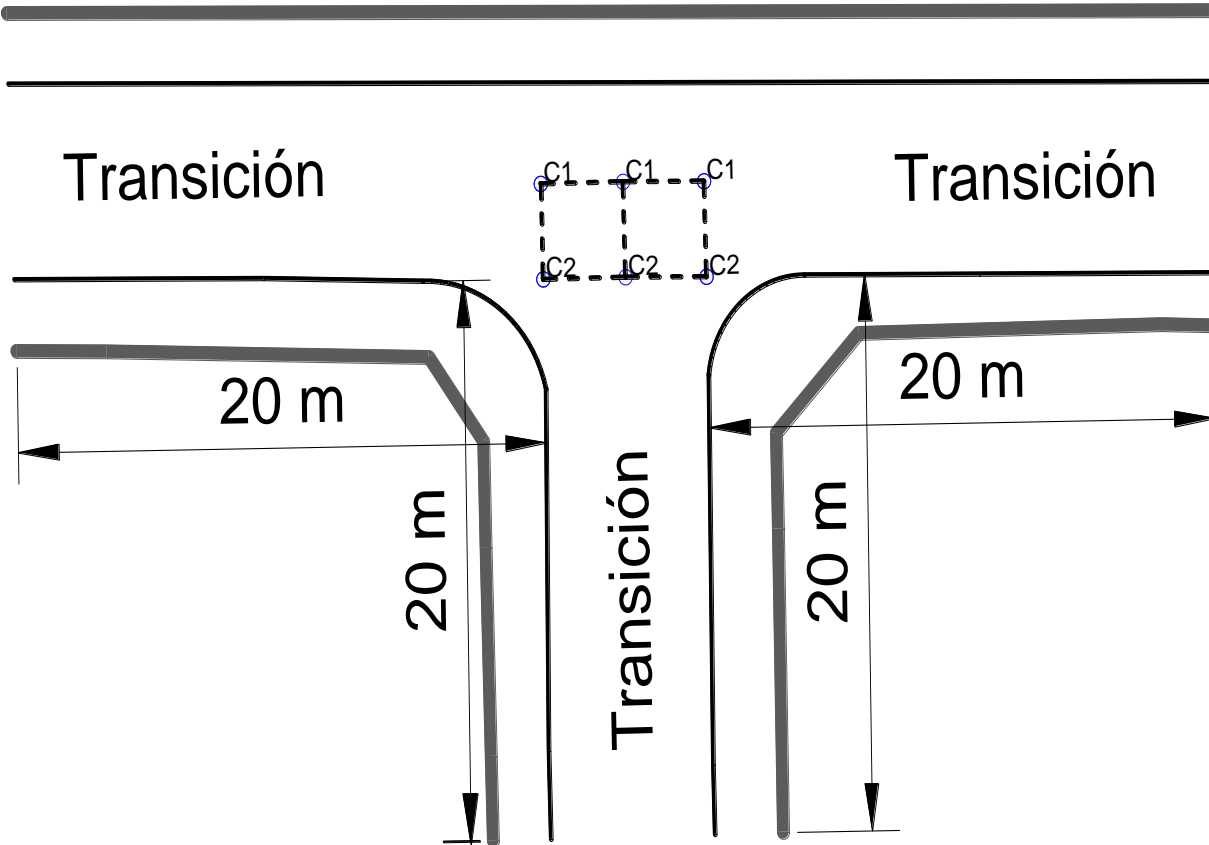


Fig. 3.20 Coordinación de una intersección en T.

### 3.4.2.2. Intersecciones en “Y”

Las intersecciones en Y tienen un trato especial por el tema del drenaje es por eso que se debe tener cuidado al momento de realizar la coordinación, los puntos principales de dicha coordinación se muestran en la siguiente figura.

Cabe resaltar que la diversidad de tipos de intersecciones en Y son muchas por lo que para su diseño y coordinación deberán ser analizadas de forma particular, tomando en cuenta todas sus características.

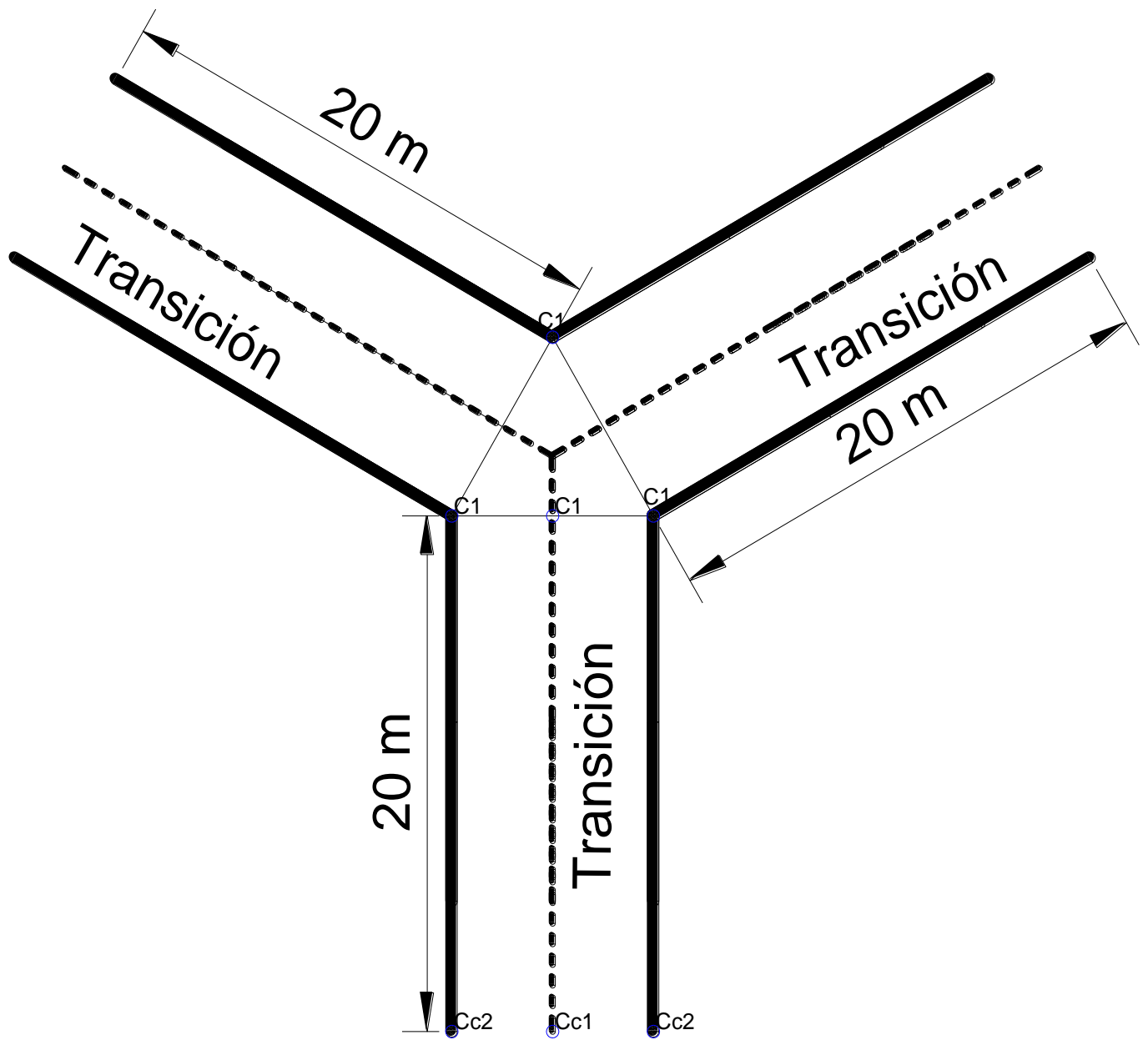


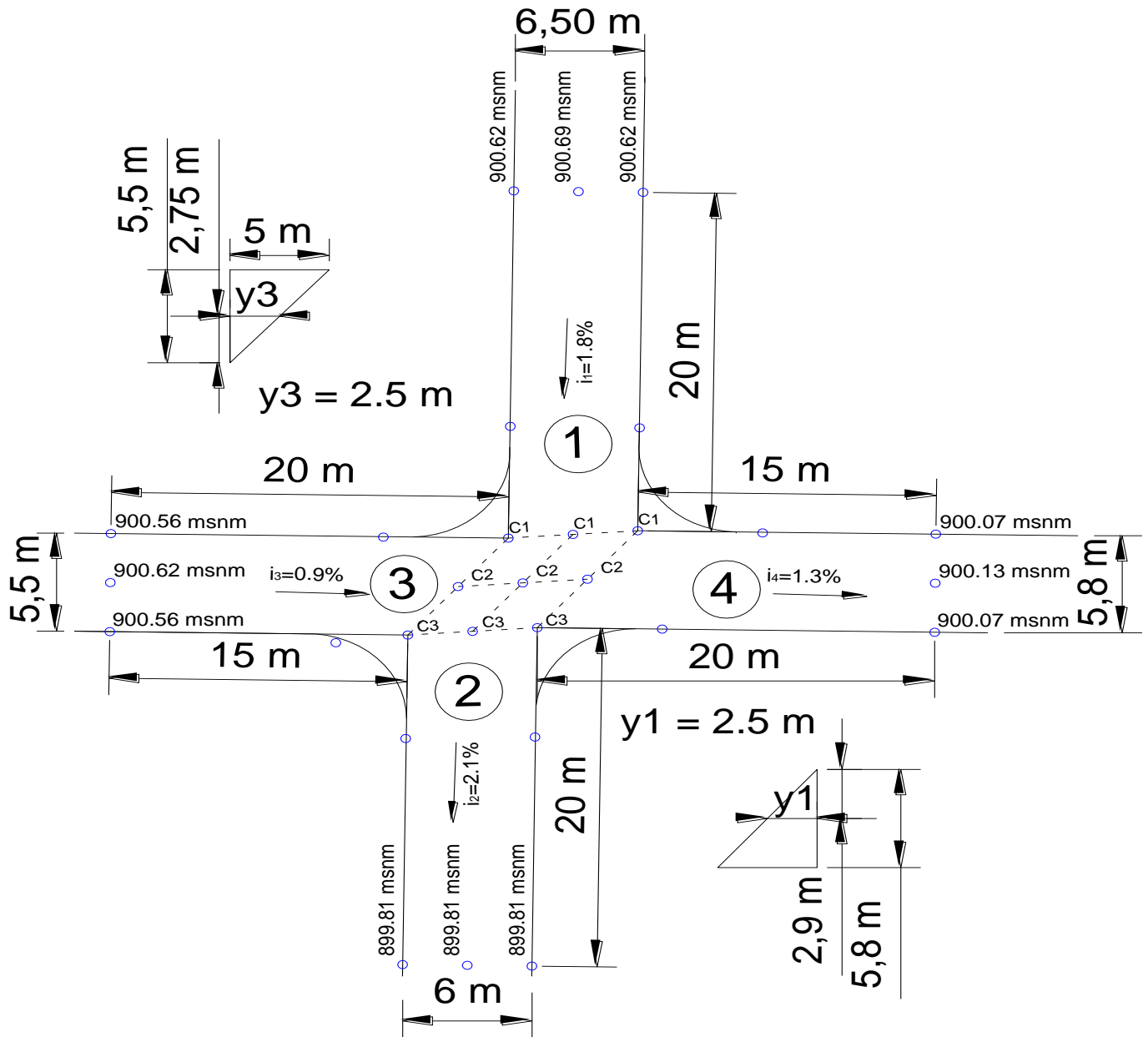
Fig. 3.21 Coordinación de una intersección en Y.

### 3.4.2.3. Intersecciones en Cruz

En el siguiente ejemplo se puede observar cómo realizar el diseño de intersecciones en cruz esviajadas y su correcta coordinación entre planta y alzado.

En los dos ejemplos se presenta el caso del esviaje en la calle principal.

# EJEMPLO 1



$$C1 = 900.69 - \frac{1.8 * 20}{100} = 900.23 \text{ msnm}$$

$$C2 = \frac{900.33 + 900.29}{2} = 900.31 \text{ msnm}$$

$$C3 = 899.87 - \frac{2.1 * 20}{100} = 900.29 \text{ msnm}$$

### Tabla de replanteo

Calle	Prog.	Pendiente			Cota razante		
		Izq.	Eje	Der.	Izq.	Eje	Der.
1	0	-1,45	-1,8	-1,45	900,62	900,69	900,62
	5				900,55	900,6	900,55
	10				900,475	900,51	900,475
	15				900,4	900,42	900,4
	20				900,33	900,33	900,33
2	0	-2,4	-2,1	-2,4	900,29	900,29	900,29
	5				900,17	900,185	900,17
	10				900,05	900,08	900,05
	15				899,93	899,975	899,93
	20				899,81	899,87	899,81
3	0	-1,15	-1,77	-1,8	900,56	900,62	900,56
	5				900,5	900,53	900,47
	10				900,445	900,44	900,38
	15				900,39	900,355	900,39
	17,5				900,36	900,312	-
	20				900,33	-	-
4	0	-1,73	-1,03	-1,1	900,33	900,31	900,29
	5				900,24	900,26	900,24
	10				900,16	900,21	900,18
	15				900,07	900,16	900,125
	17,5				-	900,13	900,1
	20				-	-	900,07





**Calle principal → 2 y 4**

**Diseño de la calle 2**

L = 76 m

ancho de la calle = 8 m

$$i = \frac{1800.46 - 1800.3}{76} = 0.21 \%$$

Prog.	Cota bordillo		Cota calzada		Δh(cm)	
	Izq.	Der.	Izq. = Der.	Eje	Izq.	Der.
0	1800,3	1800,3	1800,12	1800,2	18	18
38	1800,32	1800,4	1800,2	1800,28	12	20
76	1800,46	1800,4	1800,28	1800,36	18	12
19	-	-	1800,16	1800,24	-	-
17	-	-	1800,16	1800,24	-	-
15	-	-	1800,15	1800,23	-	-

**Diseño de la calle 4**

L = 80 m

ancho de la calle = 8 m

$$i = \frac{1800.23 - 1800.05}{77} = 0.234 \%$$

Prog.	Cota bordillo		Cota calzada		Δh(cm)	
	Izq.	Der.	Izq. = Der.	Eje	Izq.	Der.
0	1800,23	1800,23	1800,05	1800,13	18	18
38,5	1800,1	1800,1	1799,96	1800,04	14	14
77	1800,05	1800,1	1799,87	1799,95	18	14
19	-	-	1800	1800,08	-	-
20,5	-	-	1800,002	1800,08	-	-
22	-	-	1800,999	1800,08	-	-



### **3.4.2.3. Rotondas**

En la Intersección a nivel rotatoria o rotonda, se transforman las maniobras de cruce en entrecruzamientos, haciendo que los vehículos den vueltas parciales alrededor de una isla central. Es una solución a base de bajas velocidades relativas y circulación continua de las corrientes vehiculares.

En ciertos lugares las rotondas pueden ser más convenientes que las Intersecciones a nivel. En general su funcionamiento es mejor cuando el volumen de tránsito en todas las ramas de la Intersección es aproximadamente igual y su total no excede de los 3000 v/h.

Sin embargo, su eficiencia depende de la cantidad de maniobras de entrecruzamiento que se realicen, y por lo tanto se adaptan mejor a Intersecciones donde los vehículos que giran son más que los que siguen directo. En la figura 501.17g presentan los nombres de los elementos de una rotonda típica.

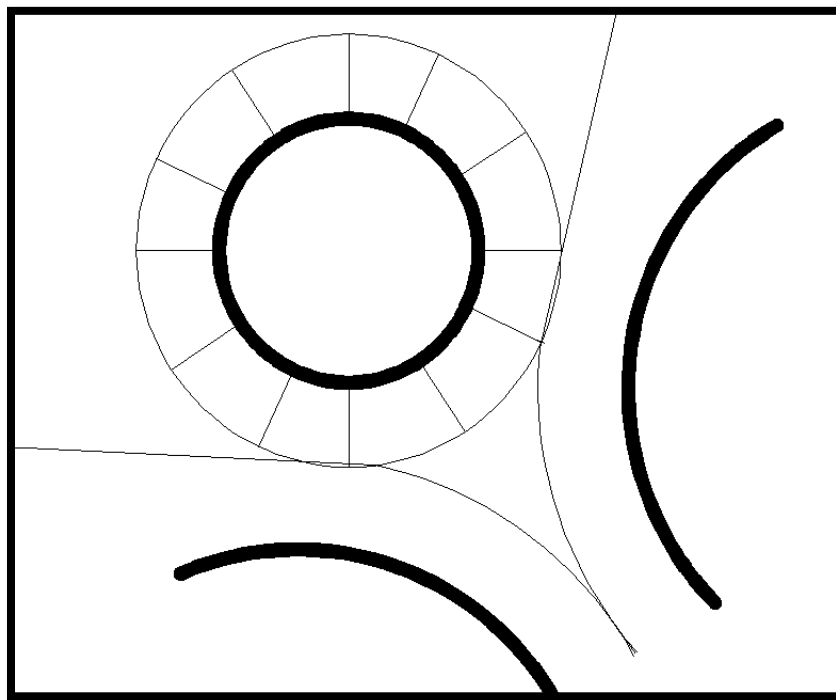
#### **Ventajas y Desventajas**

##### **Ventajas**

- Cuando están bien proyectadas y se aplican a los casos donde estén indicadas, hacen que el tránsito circule en forma ordenada y continua, con pocas demoras y gran seguridad.
- Como se sustituyen los cruces por entrecruzamiento, los conflictos no son tan agudos y los accidentes que puedan ocurrir no resultan tan severos.
- Los giros a la izquierda se facilitan mediante maniobras de convergencia y divergencia aunque las distancias a recorrer sean mayores.
- Se adaptan bien a Intersecciones con cinco o más ramas.
- Tienen un menor costo que las Intersecciones con paso a desnivel que realicen funciones equivalentes.

Sus desventajas son:

- No tienen mayor capacidad que las Intersecciones a nivel bien proyectadas y reguladas.
- Necesitan más espacio y son generalmente más costosas que las Intersecciones a nivel con función equivalente.
- No son apropiadas cuando el volumen de peatones es apreciable, pues el tránsito en ellas debe circular sin interrupciones, lo que no es posible si hay peatones cruzando las calzadas.
- Se requieren islas centrales demasiado grandes o velocidades de operación sumamente bajas cuando el volumen de tránsito pasa de los 1 500 v/h.
- Aumentan las distancias recorridas por los vehículos, aunque pueden disminuir sus tiempos de recorrido.
- No se puede ampliar con facilidad y por lo tanto no se adaptan a planes de construcción por etapas.



*Fig. 3.22 Drenaje en una rotonda.*

### **3.5. ANÁLISIS DE VÍAS URBANAS**

El diseño geométrico de las calles tanto en planimetría como altimetría en trazo urbanos consolidados, tienen necesariamente restricciones de diseño de acuerdo a las condiciones de consolidación del trazo urbano y por lo tanto esas restricciones a su vez originan dificultades de diseño.

En el diseño geométrico de calles de trazo urbano consolidado se tienen un conjunto de restricciones que las hemos determinado después del análisis de varias calles consolidadas en diferentes zonas de la ciudad de Tarija y de Bermejo. Las restricciones más comunes que se han encontrado son las siguientes:

#### **Desde el punto de Vista Altimétrico.-**

Dentro del diseño altimétrico se establecen las rasantes de las calles con la definición de las pendientes longitudinales, pendientes transversales y acuerdos verticales. En función de estos factores establecemos que las restricciones que se tienen en trazo urbanos consolidados son:

Por las pendientes Longitudinales.- Las pendientes longitudinales tienen dos efectos que son:

a) Efecto en la pendiente interna de la calle

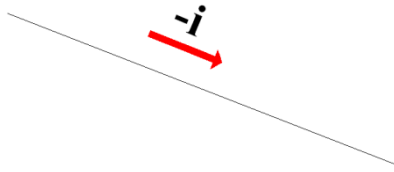
b) Efecto en el encuentro de pendientes en la intersección

a) Efecto en la pendiente interna de la calle.- Una calle va a adoptar una pendiente dada por la rasante, para efectuar este trazo de la rasante, es necesario que ésta coincida con la pendiente de la acera y cordón de acera determinada por los umbrales de las edificaciones, siendo las posibilidades que:

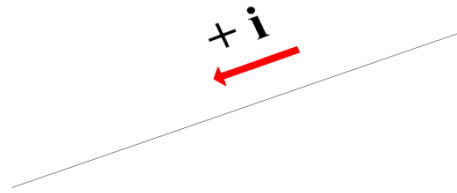
- Las pendientes en ambos extremos laterales de la calle sean iguales
- Las pendientes en ambos extremos laterales de la calle sean diferentes

**Pendiente negativa constante**

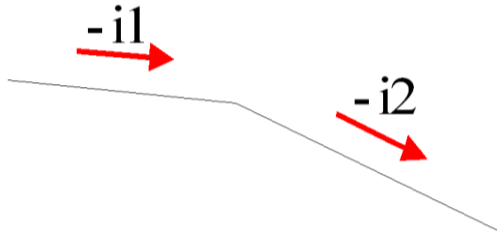
**Pendiente positiva constante**



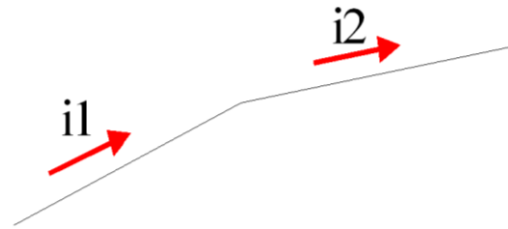
**Pendiente negativa variable**



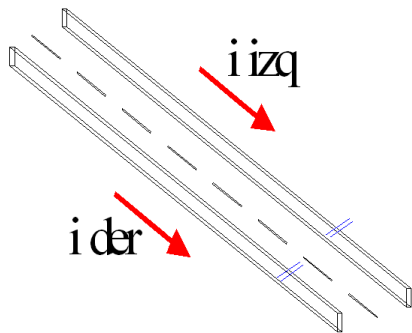
**Pendiente positiva variable**



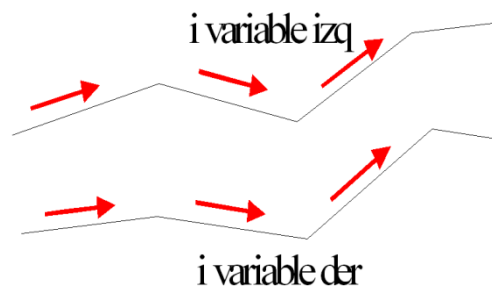
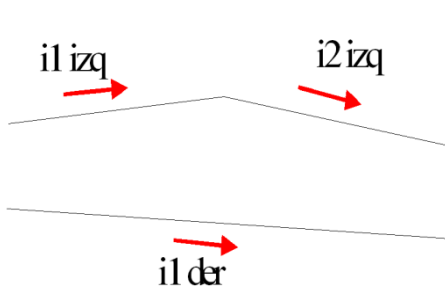
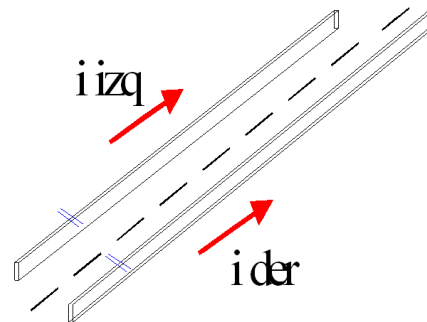
**Pendiente negativa en cordones**



**Pendiente positiva cordones**



**Pendiente variable entre cordones**



Por las pendientes transversales: Las pendientes transversales tienen el efecto de dar a la calle simetría o asimetría transversal:

- a) Simetría Transversal
- b) Asimetría Transversal

Por los acuerdos verticales: La presencia de dos o más rasantes que originen acuerdos verticales dentro de una calle o de una calle con otra tienen el efecto de dar a la calle la condición de:

- a) Pendiente continua
- b) Pendiente discontinua

**b) Desde el punto de Vista Planimétrico.-**

Dentro del diseño planimétrico se establecen los alineamientos de las calles con la definición de los ejes y acuerdos horizontales. En función de estos factores establecemos que las restricciones que se tienen en trazos urbanos consolidados son:

**Por el alineamiento de los ejes.-** Los alineamientos longitudinales tienen dos efectos que son:

- a) Efecto de tener alineamientos rectos
- b) Efecto de tener alineamientos con esviaje

Además en ambos casos que los alineamientos puedan ser sobre una cuadra o sobre dos o más cuerdas de la calle.

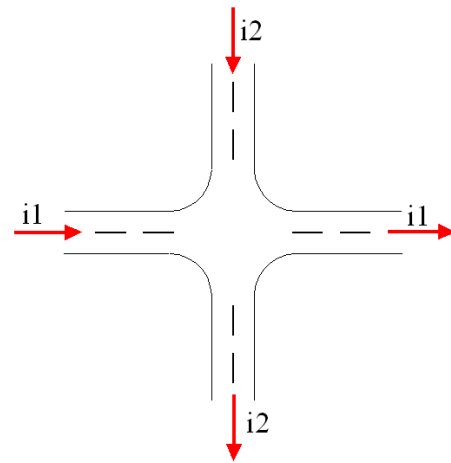
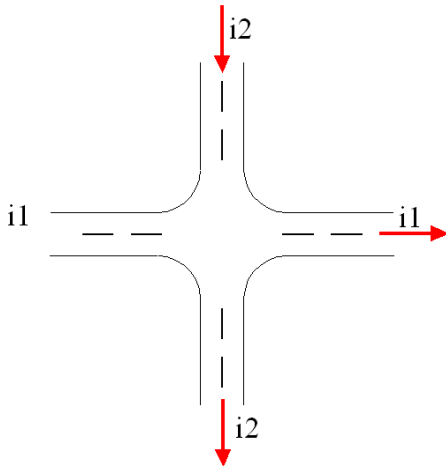
Por el ancho de calzada.- El ancho de calzada origina efectos sobre el alineamiento que son:

- a) Eje simétrico con anchos de carril constante
- b) Eje simétrico con anchos de carril variable

Estos casos se presentan generalmente en la misma cuadra de una calle, sin embargo puede presentarse además los casos en que la variación de ancho es en cuadras diferentes, en tal caso el problema es en la intersección donde se crea un esviaje entre los ejes de cuadras contiguas en ese caso se tienen:

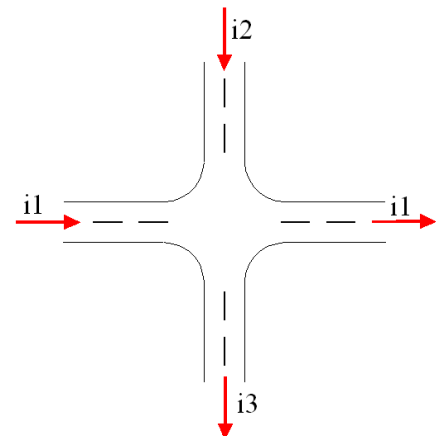
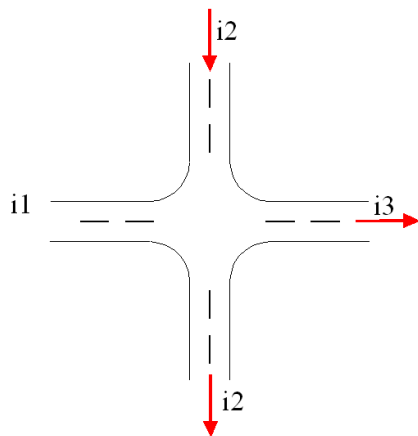
- a) Esviaje en intersección simple
- b) Esviaje en intersección doble

Efecto en el encuentro de pendientes en la intersección



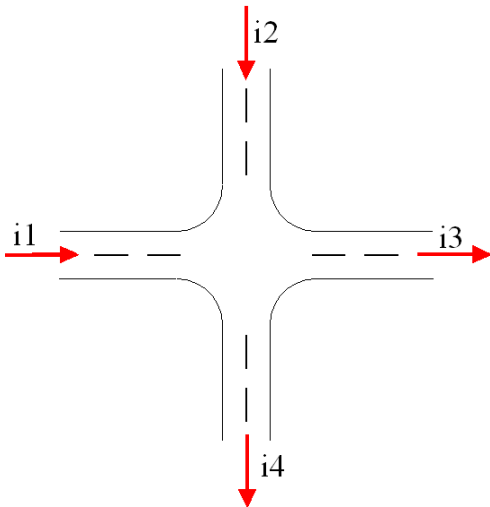
Encuentro de 2 pendientes  $i_1=i_2$

Encuentro de 2 pendientes  $i_1 \neq i_2$

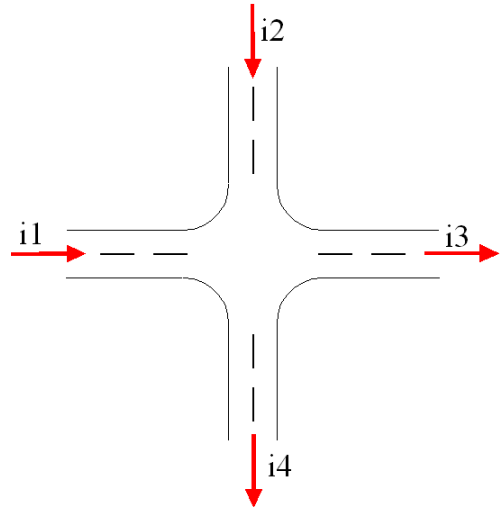


Encuentro de 3 pendientes  $i_1=i_2=i_3$

Encuentro de 3 pendientes  $i_1 \neq i_2 \neq i_3$

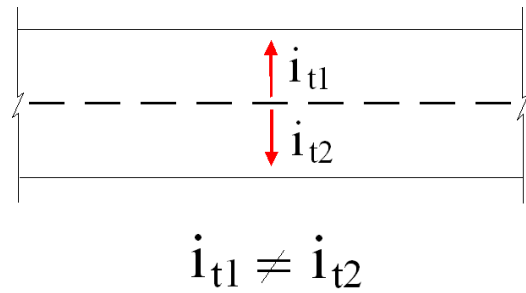
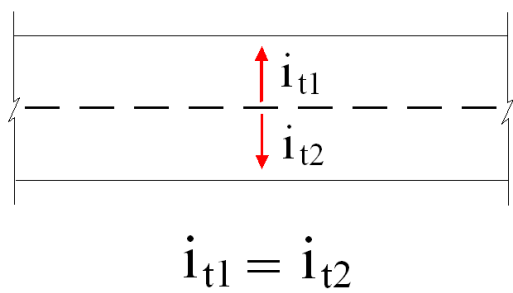
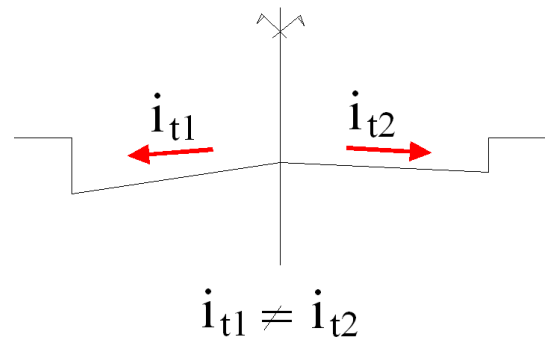
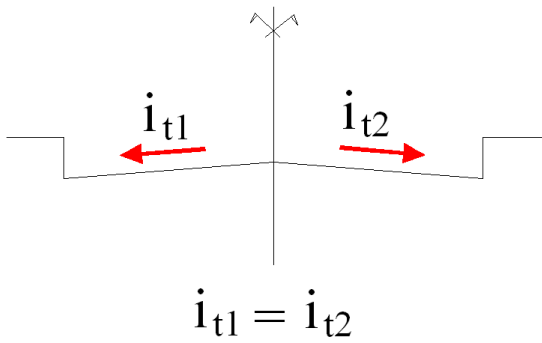


Encuentro de 4 pendientes  $i_1=i_2=i_3=i_4$

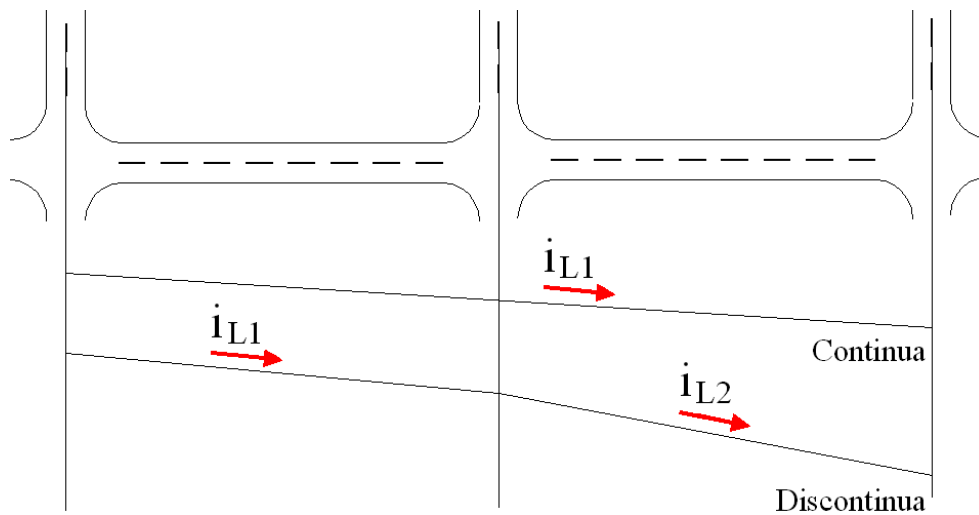
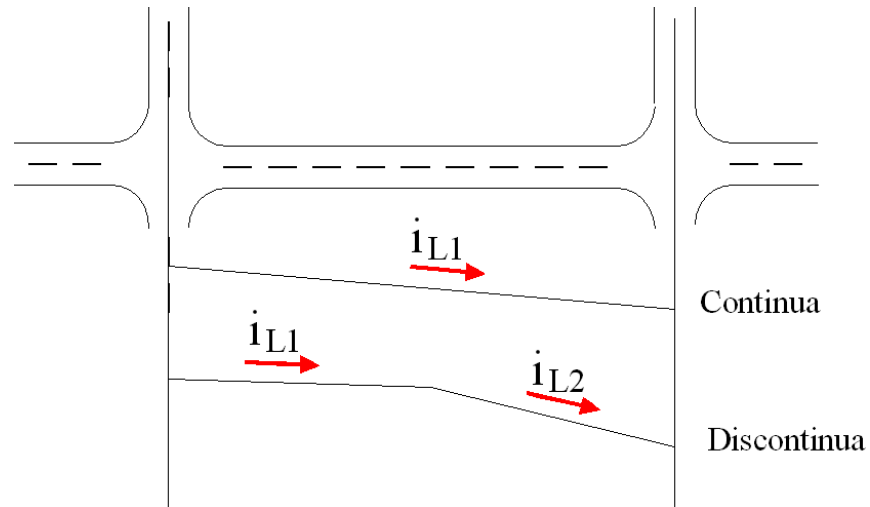


Encuentro de 4 pendientes  $i_1 \neq i_2 \neq i_3 \neq i_4$

**Por pendientes transversales**



Por continuidad de pendiente



**c) Desde el punto de Vista Transversal.-**

Dentro del diseño alimétrico se establecen las secciones transversales de las calles con la definición de los ancho de calzada. En función de estos factores establecemos que las restricciones que se tienen en trazo urbanos consolidados son:

Por el ancho de calzada.- Las secciones transversales pueden ser de un solo carril, de dos carriles y de más de dos carriles, en estos últimos casos con y sin separador central los efectos que producen son:

- a) Efecto de tener alineamientos rectos
- b) Efecto de tener alineamientos con esviaje

#### **Desde el punto de Vista del Drenaje Superficial.-**

- a) Efecto de calles con drenaje pluvial
- b) Efecto de calles sin drenaje pluvial

### **3.7. CONSIDERACIONES DE TRAZOS URBANOS CONSOLIDADOS**

#### **3.7.1. Contextualización del trazo urbano consolidado**

Al referirnos a un trazo urbano consolidado estamos visualizando en un contexto de la mayoría de las ciudades actuales en Latinoamérica, las cuales han sufrido un proceso desde su fundación hasta los días actuales de cambios de su estructura que han afectado a la situación viaria urbana, que sin embargo para fines de mejoramiento de las vías o sus arterias de circulación vehicular han tenido que considerarse como trazo urbano consolidado, con una imposibilidad de modificación de varios aspectos geométricos que implicaban establecer como condicionante principal del diseño de sus calles el trazo urbano consolidado.

Un trazo urbano consolidado podemos tenerlo contextualizado cuando tiene entre sus características las siguientes:

El trazo urbano ha sido consolidado a través del tiempo debido a las construcciones realizadas por el asentamiento humano, sin una planificación adecuada con referencia a las calles de circulación vehicular.

El trazo urbano obedece a una geometría dada desde su fundación y transmitida a través de los años en sus ampliaciones sin cambiar aspectos geométricos como anchos, pendientes, longitudes de cuadra, intersecciones, etc.

El trazo urbano en sí mismo ante su consolidación responde a un comportamiento ante los aspectos de drenaje urbano basado en su estructura consolidada, que no siempre es coincidente con las necesidades del trazado para un buen comportamiento del drenaje urbano superficial.

El trazo urbano tiene en sí mismo, muy relacionado todos los servicios básicos como la red de agua potable, red de alcantarillado sanitario, red de alcantarillado pluvial, redes de sistemas telefónicos, redes de sistemas de alumbrado , etc. los cuales han sido construidos paralelamente al crecimiento del trazo urbano pero basado en su geometría defectuosa, por lo tanto en muchos casos esas construcciones de servicios básicos que van por debajo de la superficie de las calles limitan las condiciones de pendientes longitudinal y transversal y los encuentros en las intersecciones.

El trazo urbano también de alguna manera ha ido estableciendo ciertas condiciones en las construcciones de las edificaciones en su proceso de consolidación que han cambiado al pasar de los años, convirtiéndose en restrictivas en nuestros tiempos para realizar un buen diseño geométrico de las calles que tengan la visibilidad necesaria en intersecciones.(Ejemplo de la calle Sevilla y Madrid)

El trazo urbano al tiempo de consolidarse implica dentro de sus calles los diferentes sentidos de circulación, ya que al tener un trazo urbano cuadrangular da lugar a sentidos de circulación en forma intercalada, es decir, una calle en un sentido y la siguiente calle en forma paralela en sentido contrario o algunas por sus características geométricas han permitido el doble sentido de circulación

## **4.1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, la ciudad de Bermejo es una región pujante que se encuentra en constante desarrollo y crecimiento; por ello demuestra entre sus múltiples requerimientos la necesidad de contar con mayor infraestructura vial que sea adecuada para mejorar la transitabilidad de sus conductores y peatones.

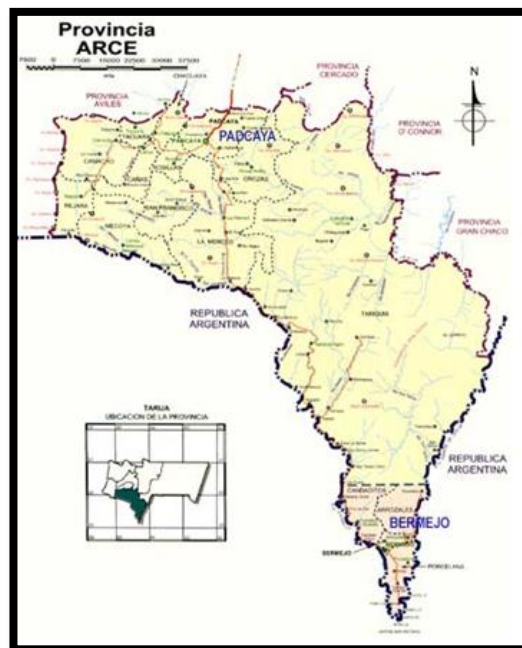
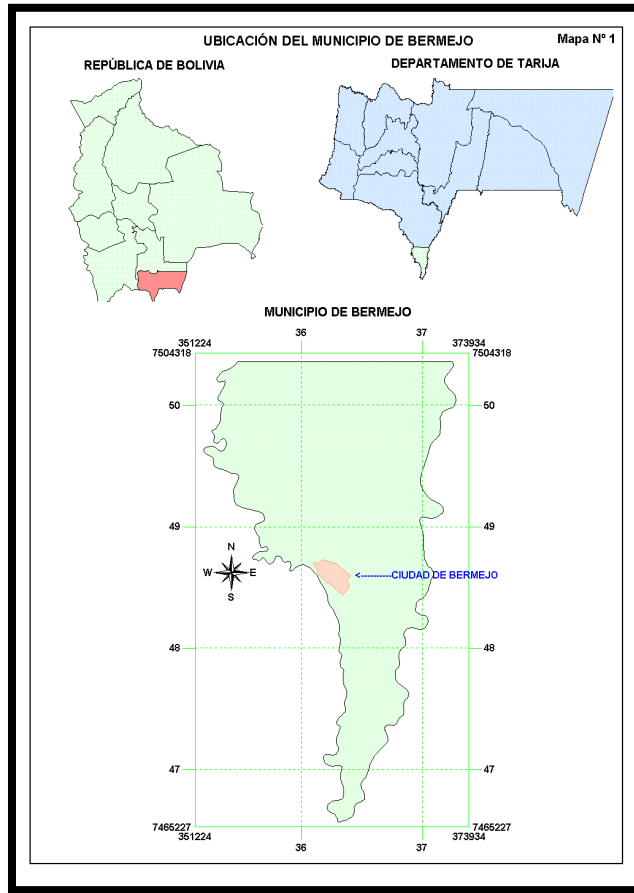
Se inicia este capítulo del presente proyecto con la presentación de un contexto general del área de influencia del proyecto en sus aspectos territoriales, sociales, económicos, disponibilidad de servicios básicos, salud y educación. Aspectos que si bien no tiene una relación directa con la intervención específica del proyecto, pero nos permite observar el contexto en el que se desarrollara el mismo.

## **4.2. UBICACIÓN**

Bermejo se constituye en la capital de la segunda sección de la Provincia Arce, está ubicado al extremo sur del departamento de Tarija, rodeado en su parte sur-este y sur-oeste por el río Bermejo y Grande de Tarija respectivamente. Se encuentra a 206 Km. de la ciudad de Tarija. La extensión del municipio de Bermejo es de aproximadamente de 380.90 Km<sup>2</sup> la que se divide en área urbana y rural.

*Latitud y longitud.*- Geográficamente se encuentra ubicada entre los paralelos 22°35'24'' – 22°52'09'' de latitud sur y 64°26'30' – 64°14'16'' de longitud oeste y una altitud media de 400 msnm.

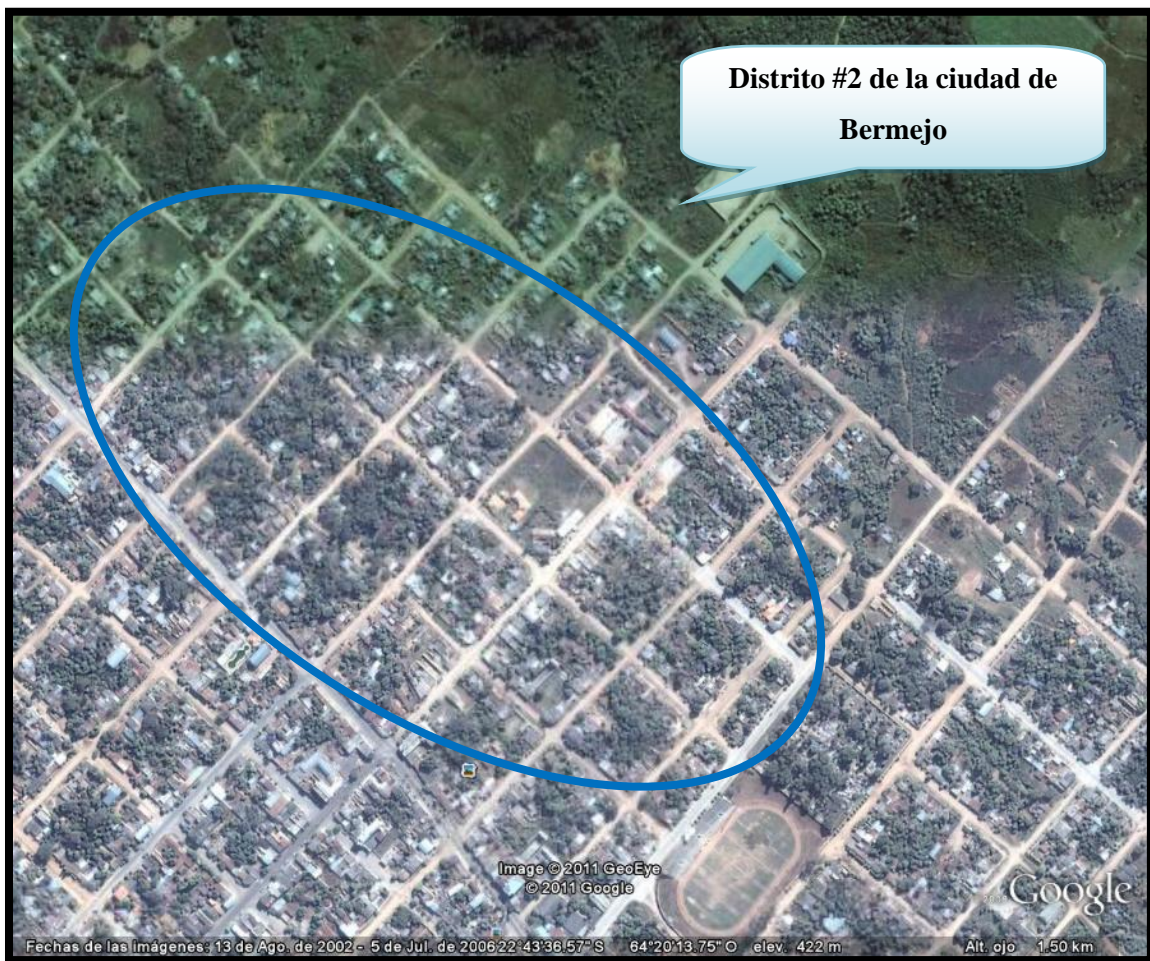
*Límites territoriales.*- Los límites del Municipio de Bermejo son los siguientes: al norte, con la serranía de San Telmo y la comunidad Colonia Ismael Montes (San Telmo Río Tarija), al sur con el río Bermejo y la República Argentina, al este con el río Grande de Tarija y la República de Argentina y al oeste con la comunidad de San Telmo río Bermejo y la República argentina.



*Fig. 4.1 Ubicación del proyecto*

#### **4.2.1. Ubicación específica**

A continuación se presenta un croquis de la zona de aplicación del presente proyecto que se constituye en el distrito #2 de la ciudad de Bermejo. Este distrito lo componen las manzanas que se encuentran entre las calles Narciso Campero al noreste, Argentina al sureste, Guadalquivir al norte y Oruro al suroeste.



*Fig. 4.2 Distrito 32 de la ciudad de Bermejo.*

Tarija es una ciudad del sur de Bolivia, que se encuentra a orillas del río Guadalquivir, a 1.854 msnm. Sus coordenadas geográficas son : 21°31'54" de latitud Sur y 64°43'52" de longitud Oeste.

Se presenta el croquis de las intersecciones en estudio, en dicha ciudad , dos de ellas; calles Núñez del Prado y Germán Busch, calles México y Venezuela que están en el distrito 7 en el barrio 4 de Julio, y las calles Ballivián y Miraflores, calle Camargo y 6 de Junio que están en el distrito 8.



*Fig. 4.3 Núñez de Prado y Germán Busch.*



*Fig. 4.4 México y Venezuela.*



*Fig. 4.5 Ballivian y Miraflores.*



*Fig. 4.6 Camargo y 6 Junio.*



*Fig. 4.6 Rotonda*

### **4.3. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

#### **4.2.1. Características del ecosistema**

*Clima*, Existe una zona climática predominante: la zona de clima cálido semi-húmedo que comprende toda el área del Municipio de Bermejo.

Se observa que las mayores temperaturas medias corresponden a los meses de enero, febrero y noviembre, mientras que las temperaturas medias menores corresponden a los meses de junio, julio y agosto; y una temperatura media anual de 22,5 °C.

*Precipitaciones Pluviales*, Las precipitaciones ocurridas en un año, sobrepasan los 1.100 mm., datos que significan un buen aporte hídrico vertical procedente de la lluvia, la época de lluvia se inicia en el mes de noviembre y diciembre y concluye en los meses de marzo y abril, sin embargo esto puede variar de forma excepcional adelantándose o retrasándose un mes.

*Riesgos Climáticos*, Entre los riesgos climáticos podemos indicar las heladas, las que se presentan en los meses de junio a septiembre a consecuencia de las temperaturas mínimas que se registran, las que varían entre los – 0.3 hasta los 4 °C.

*Recursos Hídricos*, Los ríos Bermejo y Grande de Tarija, se constituyen en el mayor recurso hídrico que tiene el Municipio. Los fuertes caudales de este recurso, le permite a la ciudad de Bermejo contar con un puerto pluvial, que le facilita el nexo con la República Argentina.

*Principales Riesgos Ambientales*, Los principales riesgos ambientales que viene sufriendo el municipio, están dados principalmente por la contaminación del río Bermejo, una fuerte deforestación de especies arbustivas, el desmonte y quemas para la ampliación de la frontera agrícola. Igualmente el mal uso que se hace de los terrenos con pendiente pronunciada, que solo sirven para la actividad agrosilvopastoril y forestal, pero se los utiliza para la actividad agrícola dejando estos suelos desprotegidos, predispuestos a la erosión hídrica.

#### 4.2.2. Población

La población del Municipio de Bermejo alcanza a los 33.310 habitantes, población que la convierte en la tercera ciudad del departamento de Tarija, mostrando en el período intercensal un crecimiento del 2.1 %.

##### *Tasa de Crecimiento Poblacional*

En el municipio de Bermejo se cuenta con una tasa de crecimiento poblacional de 2,12% existiendo una diferencia entre la urbana y la rural, la primera es más dinámica 2,1% y el área rural alcanza los 2,09%.

#### 4.2.3. Actividades económicas

*Las principales actividades económicas son la hidrocarburífera:* con pozos petrolíferos en Campo Bermejo, Campo Toro, Campo Barretero, Pozo X-44, y la presencia de la empresa transnacional Pluspetrol. La actividad agrícola se desarrolla con cultivos de caña de azúcar, cítricos (naranja, mandarina, limón, pomelo) y frutas tropicales (papaya, banana, mango). *La caña de azúcar:* es la de mayor importancia, con 11.000 hectáreas y 600.000 toneladas métricas por año. En tanto, los otros productos abarcan una extensión de 4.500 hectáreas. Los subproductos obtenidos de la caña de azúcar son alcohol, melaza y cachaza. El alcohol es exportado al mercado chileno, destinado a su utilización como carburante para motorizados y, en menor proporción, al consumo en forma directa en el mercado nacional. *La pesca de especies:* como el dorado, sábalo, boga, surubí, pacú, bagre y otros, destinados al consumo doméstico y a la venta de los mercados locales. No menos importantes son la artesanía, la microempresa y el sector del comercio informal urbano.

#### 4.2.4. Costumbres

Bermejo ofrece a su pueblo y al turista una variedad de fiestas culturales y religiosas en diferentes fechas del año, establecidas y reconocidas por el municipio, indicamos las mas sobresalientes:

**Festival de la Cueca y la Chacarera Tradicional**, organizado por la As. Cult. Tradiciones Chapacas en el mes de Abril.



**Fiesta de Santiago-Patrono de Bermejo**, patrimonio religioso y cultural de la region. Se realiza una tradicional serenata con la participacion de diferentes expresiones musicales, danzas que rinden fervor al Santo Patrono y la tradicional procesión con la participación de diferentes fraternidades, grupos promesantes que participan de la entrada folklorica. Realizado en el mes de julio. Culmina la fiesta religiosa en la Comunidad La Colonia Linares con la celebracion de la Octava y actividades de Doma criolla.

**Festival Internacional del Lapacho**, patrimonio cultural de Bolivia, brindando un espectáculo con artistas de reconocida trayectoria, tambien promoviendo a nuevos valores del canto, danza y poesía, tanto de la Región como del interior del país. Demostrando a Bolivia y Latinoamérica que en Bermejo se cultiva, fomenta y promueve las manifestaciones culturales de los pueblos



#### **4.2.1. Servicios Básicos**

##### **4.2.1.1. Agua potable**

Mediante la percepción de los vecinos, se concluye que el 91% de los barrios cuentan con el servicio de agua potable. Por su parte en el Área Rural, desde la promulgación de la ley de Participación Popular, el Gobierno Municipal es el responsable de la operación y mantenimiento de los servicios básicos dentro su jurisdicción, es en este contexto la Municipalidad conjuntamente con la comunidad ha realizado varios proyectos para que algunas comunidades puedan gozar del liquido elemento.

##### **4.2.1.2. Alcantarillado sanitario y pluvial**

Otro de los servicios que brinda la empresa de agua potable es la del servicio de alcantarillado sanitario, que al momento cubre a un 60.4 % de la población beneficiaria, quedando un 39.6 % sin el tendido de la red principal de alcantarillado, mientras que el 10.6% cuentan con el alcantarillado pluvial, quedando un porcentaje sumamente elevado de población que no cuenta con el mismo. (Cuadro 1.8.)

**Cuadro N° 8.** Porcentaje de Cobertura de Servicios por Barrios

NOMBRE DEL BARRIO	AGUA %	ALCANTARILLADO %		ENERGIA %		GAS %	RESIDUOS SÓLIDOS %	TELEFONO %
		SANIT.	PLUVIAL	DOMICI	PUBLIC			
Lapacho	75	75	0	75		75	50	50
1° de Mayo	95	75	0	75	75	75	25	25
Azucarero	100	75	0	100	50	100	75	25
San Jose	75	50	0	75	50	75	75	10
Aeropuerto	100	100	25	100	75	75	50	100
Lindo	100	100	50	100	50	100	100	
Aniceto Arce	100	100	50	100	50	100	100	50
15 de Abril	100		0	100	50	25	25	75
21 de Diciembre	100	75	5	100	25	100	100	75
San Antonio	100	75	0	100	10	25	25	75
Moto Méndez	100	100	0	100	25	50	50	75
27 de Mayo	90	80	0	100	100		80	100
Central	100	90	100	100	100	100	100	100
Municipal	90	80	0	90	70	80	70	25
Avaroa	100	95	0	100	75	50	50	75
San Juan	75	0	0	75	25	75	75	0
Las Palmeras	100	75	0	100	25	75	75	75
San Bernardo	100	25	0	100	50	25	25	25
Bolívar	100	100	25	100	60	25	50	75
Miraflores	100	95	5	100	75	85	75	50
Luis de Fuentes	75	75	0	80	50	100	50	10
2 de Agosto	100	0	0	100	50	100	0	0
Camp. I.A.B. S. Santiago	100	100	5	100	40	100	100	30
Petrolero	100	60	0	100	80		100	100
Campamento Y.P.F.B.		0	0	100	75	100	75	75

*Fuente: Plan de desarrollo municipal de Bermejo*

#### **4.2.1.3. Electricidad**

El servicio de energía eléctrica generada, distribuida y comercializada por SETAR, en Bermejo, el 94.8% de la población, cuenta con energía domiciliaria, mientras que el alumbrado publico alcanza a tan solo el 53.4% de los barrios.

El servicio de energía eléctrica abastece al uso doméstico, comercial (a la vez se subdivide en dos), estatal, industrial y bombas. En el área rural las comunidades, no cuentan con este servicio, existe un proyecto para la implementación de este servicio en las comunidades de Colonia Linares y Barretero y Cercado.

#### **4.2.1.4. Educación**

La educación formal en Bermejo, cuenta con una estructura institucional de: Dirección Distrital de Educación, Directores de Unidades Educativas, Decano y docentes de la casa

superior de estudios. Asimismo la educación formal esta conformada por 4 Núcleos Educativos 2 en el Área Urbana (Núcleo 25 de Mayo y Núcleo Diurno Bolivia) con 11 unidades educativas en los niveles: inicial, primario y secundario y 2 Núcleos en el Área Rural (Núcleo Campo Grande y Núcleo Colonia Linares) con 15 unidades educativas. Cabe mencionar que existen 4 unidades educativas privadas de las cuales solo dos están en funcionamiento; finalmente, dentro de la educación alternativa se cuenta con el Centro Integrado Bermejo (educación para adultos) y Centro San Antonio (educación para niños especiales).

Todas las unidades educativas trabajan con el programa de Transformación en el nivel primario, mientras que el nivel secundario continúa con el programa de Mejoramiento donde los bachilleres egresan con el título humanístico.

Asimismo, debido al crecimiento vegetativo las aulas son insuficientes, al igual que el número de docentes, debiendo asignar mayor número de maestros en el área rural, para que el niño tenga la disponibilidad de formarse en los primeros ciclos de su educación.

#### **4.2.1.5. Salud**

En el área urbana y rural de Bermejo, existe una alta incidencia de enfermedades, motivadas por las precarias condiciones de habitabilidad, régimen alimentario, educativo y económico, agudizadas por un insuficiente, inadecuado o inexistente servicio de salud en las comunidades.

El sector Salud no cuenta con la infraestructura suficiente. El centro más importante y único de carácter público en la mancha urbana, lo constituye el Hospital de segundo nivel Virgen de Chaguaya, ubicado en el Barrio Aeropuerto con una capacidad de 22 camas. También se cuenta con la atención de los seguros privados, que prestan atención a sus asociados en sus respectivas cajas de salud.

Por otro lado es importante dar a conocer que existen 3 Cajas de Seguros (Caja CORDES, Caja Petrolera y Caja Nacional de Salud), dos Clínicas Cañeras (ASCABE Y Triángulo del Sur), dos Centros de Análisis Clínicos y varios Consultorios Médicos de orden privado.

Las Cajas y Clínicas privadas, si bien disponen de infraestructura adecuada, no cuentan con buen equipamiento y además poco accesibles a los pobladores de ingresos bajos que constituyen la gran mayoría.

**Cuadro N°9.** Enfermedades Comunes Casos Atendidos Por Gestiones

ENFERMEDADES	GESTIONES				
	1998	1999	2000	2001	2002
FIEBRE TIFOIDEA	1040	662	1189	204	
NEUMONIA	608	373	522	666	
ENFERMEDADES DIARREICAS AGUADAS	7585	3227	4314	2734	
TUBERCULOSIS	121	88	77	66	
INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUADAS	13922	11659	9898	11909	
MALARIA	738	577	1667	234	
LEISHMANIASIS	117	55	26	28	246

Fuente: SEDES, Bermejo

Con respecto a las enfermedades que se atienden en el Hospital, las más comunes resultan ser las enfermedades diarreicas agudas EDAs, infecciones respiratorias agudas IRAs, Parasitosis, Malaria, Tuberculosis Leishmaniasis, Hanta Virus Conjuntivitis, Desnutrición y Paludismo.

#### 4.4. TIPOS DE VÍAS EN ESTUDIO

Como ya se mencionó anteriormente la mayoría de nuestras ciudades utiliza como esquema urbano, la cuadrícula, es por eso que las intersecciones que más se obtienen son las intersecciones en cruz "+". Razón por la cual en la aplicación de este estudio su presencia es masiva, pero tratando de alguna manera se pueda abarcar con los otros tipos de intersecciones estudiadas, se realizó también la aplicación en algunas intersecciones de Tarija con la finalidad además de realizar una comparación con el diseño que se tiene y que se tendría con el planteamiento de la metodología.

Por lo cual se tiene como tipo de intersecciones en estudio; intersecciones en cruz "+", en "T", en "Y", rotonda e intersección esviada.

#### 4.5. PROCESO DE DISEÑO EN CADA TIPO DE VÍA

A continuación se presenta el proceso para realizar el diseño de vías urbanas, éste puede variar de acuerdo a las circunstancias específicas que se tenga en cada intersección o vía.

Para empezar a realizar el diseño lo primero que se debe establecer son los datos básicos:

Longitud de cuadra (L)=

Ancho de calzada (a)=

Altura de bordillo con la que se empezará a trabajar que puede variar entre 10 y 25 cm, pero el recomendado es (h)= 18 cm

Establecer la pendiente transversal que es de acuerdo al tipo de pavimento, es así q para un pavimento flexible la (it)= 2%

La pendiente del acceso se la determina con la diferencia de cotas del principio y final de la cuadra, es decir:

$$i\% = \frac{C_i - C_f}{L} * 100$$

**Donde:**

i= Pendiente longitudinal (%)

Ci= Cota inicial (msnm)

Cf= Cota final (msnm)

L= Longitud de la calle (m)

Posteriormente se procede a determinar las cotas rasantes de acuerdo a las cotas bordillo, para ello a la primera cota se le resta la altura del bordillo recomendada, y a partir de ésta se puede ir determinando las siguientes cotas rasantes de esta manera:

$$C_r = C_a \pm \frac{i * d}{100}$$

**Donde:**

Cr= Cota Rasante

Ca= Cota rasante anterior

i= Pendiente longitudinal (%)

d= Distancia parcial

Las cotas mencionadas deben ser iguales tanto para el lado izquierdo como para el lado derecho de la calle.

Una vez determinadas las cotas rasantes se puede proceder a calcular las cotas ejes con la siguiente expresión:

$$\text{Cota eje de Diseño} = C_r + \frac{i_{\text{transversal}} * \left(\frac{a}{2}\right)}{100}$$

**Donde:**

Ce= Cota Eje (msnm)

Cr= Cota rasante (msnm)

it= Pendiente transversal (%)

a= Ancho de calzada (m)

Después se debe de realizar una verificación de la altura de bordillos tanto en el margen derecho como en el izquierdo de la calle en diseño para verificar que no se sobrepase de los parámetros establecidos de 10 y 25 cm.

De esta manera se procede con los demás accesos.

Subsiguientemente se procede a realizar la coordinación en el nudo de la intersección que se desarrolla con una longitud de transición de 20 m, para ello se determina las cotas a esa distancia tanto de los márgenes como del eje.

En este punto se debe determinar la pendiente media:

$$i_m = \frac{i_{p1} + i_{ip2}}{2}$$

**Donde:**

$i_m$ = pendiente media

$i_{p1}$ = pendiente de la calle principal 1

$i_{p2}$ = pendiente de la calle principal 2

A continuación se calcula las cotas que gobernarán el nudo, es decir  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$

De la siguiente manera:

$$C_1 = C_{E20} \pm \frac{i_m * d_{p1}}{100}$$

$$C_2 = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

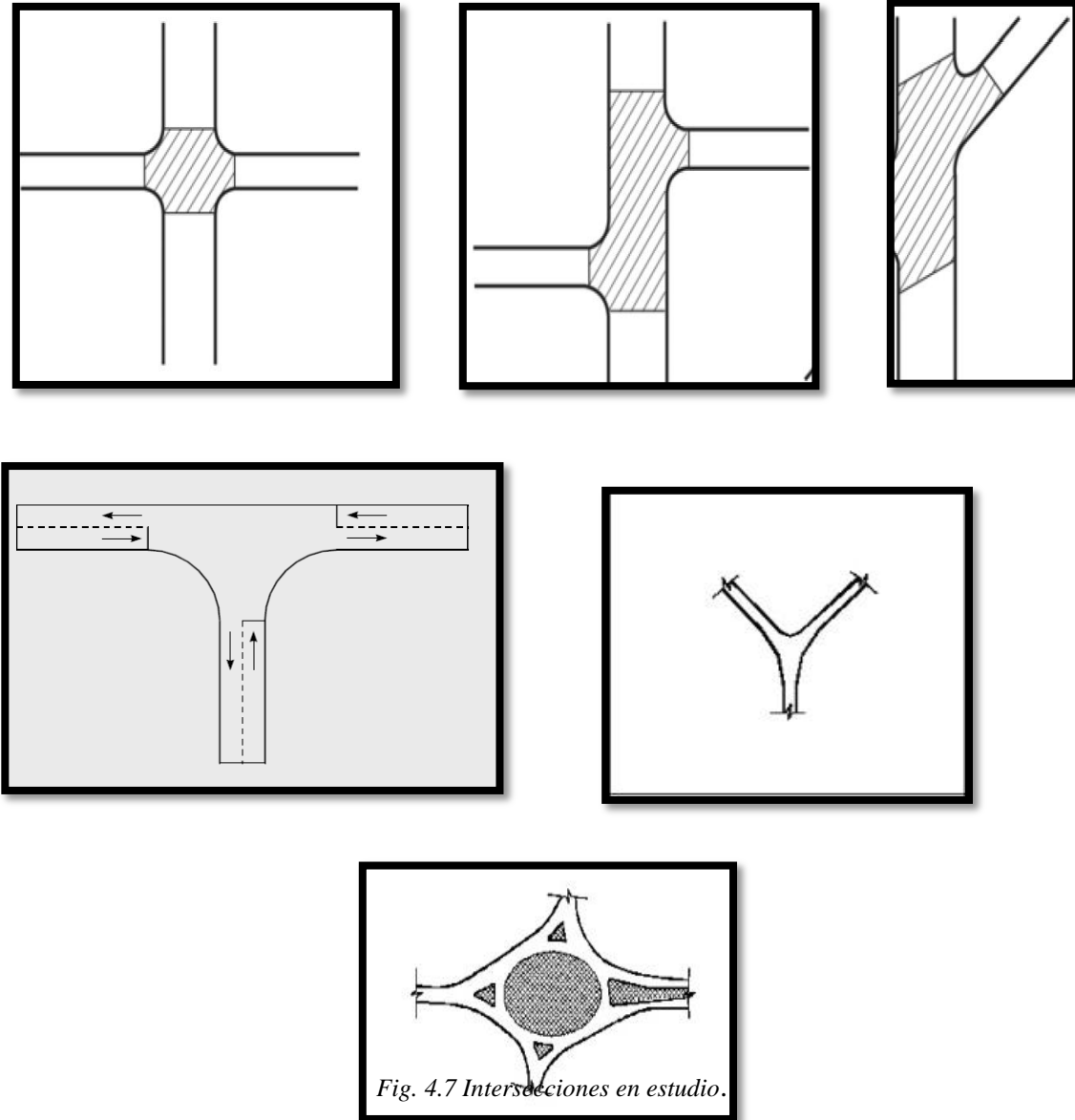
$$C_3 = C_{E20} \pm \frac{i_m * d_{p2}}{100}$$

Una vez obtenidas estas cotas se procede a realizar el replanteo, el cual se lo debe hacer cada 5m dentro de esa longitud de transición de 20 m y para cada uno de los accesos, para ello se determina primero las pendientes correspondientes en el margen izquierdo y derecho de la calle y en el eje, después de procede a determinar las cotas para cada margen con la expresión ya definida:

$$C_r = C_a + \frac{i * d}{100}$$

A continuación se presenta el cálculo de las intersecciones estudiadas en el presente proyecto, comenzando por las intersecciones en cruz "+", en "Y" y la intersección esviajadas, todas estas en la ciudad de Bermejo. Y posteriormente el cálculo de las

intersecciones en estudio de la ciudad de Tarija, dentro de las cuales se contemplan; tres intersecciones en "+", en "T" y por último una rotonda o también denominada glorieta.



*Fig. 4.7 Intersecciones en estudio.*

Todos los cálculos se pueden apreciar en la parte de anexos del presente trabajo y en los planos.

#### **4.8. Análisis de las Dificultades del Diseño Geométrico en calles de Trazo Urbano consolidado.**

El diseño geométrico de calles en un trazo urbano consolidado tiene diferentes dificultades entre las que vale la pena resaltar las siguientes:

- **Un trazo urbano consolidado tiene definido un alineamiento y nivel de umbrales de las edificaciones.**

Los trazos urbanos en su mayoría no han sido diseñadas tomando criterios arquitectónicos e ingenieriles sino más bien por lo que muestra la historia han sido asentamientos humanos que han dado lugar a ciudades donde el trazo cuadrangular era la base, pero que en muchos de los casos no han sido respetados y se ha distorsionado el trazo cuadrangular, producto de ello ha quedado las construcciones que obedecen en cada cuadra a un alineamiento de las edificaciones y a los niveles de los umbrales de esas edificaciones que por tener años de construcción están consolidadas y su modificación en la mayoría de los casos no es posible.

- **Un trazo urbano consolidado tiene niveles de aceras y cordones que no obedecen a una planificación.**

La construcción de aceras y cordones en las calles de las ciudades no tiene una planificación similar en todos los casos, en algunos los cordones y aceras se construyen antes de las edificaciones y las calzadas, en otros casos están construidas las edificaciones y posteriormente se construyen las aceras en base a los niveles y alineamiento de los umbrales de las edificaciones y finalmente puede que estén construidas las edificaciones y la calzada y se concluye con la construcción de las aceras y cordones tomando en cuenta la geometría de los umbrales y la calzada tanto en planimetría como altimetría.



- **Un trazo urbano consolidado tiene en algunos casos alineamientos esviados.**

La mayoría de las ciudades en nuestras ciudades han sido basadas en un trazado cuadrangular de longitudes de cuadra de 100 metros formando manzanas de 10000 metros cuadrados, donde se trazaban las edificaciones, sin embargo el poco control que se ha realizado a este trazado ha dado lugar a que las intersecciones entre ejes de calzada que debían estar a 90 grados uno con respecto al eje transversal, no lo están y han dado lugar a los alineamientos esviados, es decir, que existe una desviación angular entre ejes contiguos cuya variación puede ser de un ángulo pequeño no perceptible a simple vista o en casos donde la variación es muy notoria y el esviamiento producido debe ser tomado en cuenta para ejecutar un diseño geométrico acorde a esas condiciones.

El esviamiento en la geometría de las calles no es conveniente porque hace que se pierda la visibilidad en las intersecciones y hay una distorsión geométrica que no es lo más recomendable.



- **Un trazo urbano consolidado tiene anchos de acera variables**

El diseño geométrico de las secciones transversales de las calles urbanas no siempre han seguido criterios técnicos en muchos casos simplemente obedecen a criterios comunes que si bien en su momento pueden funcionar, a futuro pueden distorsionarse con respecto a los espacios circundantes, el caso más común es lo que pasa con las aceras donde el ancho de las mismas es totalmente variable entre las diferentes ciudades urbanas e inclusive dentro de una misma ciudad entre unas zonas y otras donde se evidencia diferentes anchos de las aceras que distorsionan la geometría de las calles, cuando es posible se deben corregir al construirse las calzadas definitivas en otros casos no es posible porque sobre esas aceras pueden existir otros equipamientos como cámaras de servicios básicos, instalación de tuberías, acometidas de tuberías de distintos tipos de servicios e inclusive árboles y jardines. Este aspecto obliga a tomarse en cuenta al momento de realizar el diseño geométrico de la calzada.

- **Un trazo urbano consolidado tiene pendientes longitudinales ya establecidas con poco margen de modificación.**

Como consecuencia de las construcciones dentro del trazo urbano de los niveles de los umbrales de las edificaciones, los niveles de aceras y cordones, es que automáticamente se consolida una pendiente longitudinal de las calles, que cuando tienen pendientes altas causan menos problemas, sin embargo cuando las pendientes son bajas causan un mayor problema por el escurrimiento superficial de las aguas de lluvia, estas pendientes además de ser homogéneas en cada cuadra deben ser coherentes con las intersecciones y para ello en el diseño deben corregirse los defectos que se tienen del trazo consolidado a pesar del poco margen que se tiene ya que una modificación de pendientes obliga a modificación de niveles en cordones, aceras y umbrales, lo cual no es factible por lo tanto dentro del margen posible se debe optimizar el diseño geométrico para lograr un equilibrio geométrico de las pendientes de cada calle.

- **Un trazo urbano consolidado tiene pendientes transversales definidas constantes y variables con poco margen de modificación.**

La conformación de las calles tomando en cuenta los umbrales de las edificaciones y los niveles de los cordones y aceras han dado lugar a las pendientes transversales de las calles cuya simetría es recomendable aunque no indispensable, existen en la práctica pendientes transversales de las calzadas variables tanto la derecha como la izquierda con relación al eje longitudinal o constantes que es lo deseable, tomando en cuenta el margen posible para la modificación al tiempo de realizar el diseño geométrico definitivo se debe tratar en lo posible tener pendientes transversales constantes y adecuadas de acuerdo al tipo de rodadura de la calzada.

- **Un trazo urbano consolidado tiene alturas de cordón definidos variables en su mayoría con poco margen de modificación.**

La colocación de los cordones en las calles de ciudades lamentablemente no ha tenido en los tiempos antiguos un control efectivo de los niveles y sus alturas, aún en estos tiempos se pueden apreciar que se siguen construyendo cordones sin un control de niveles adecuado dando lugar a cordones que no obedecen a una sola pendiente longitudinal sino que tienen variaciones de continuidad, en calles con pendientes altas es posible corregir estos defectos con nuevos cordones concordantes con la pendiente longitudinal de la calzada, sin embargo en calles con pendientes longitudinales bajas estas correcciones se hacen menos posibles porque los márgenes que se tienen son muy bajos y en muchos casos se deben dejar los cordones con defecto en relación a la calzada porque al momento de diseño geométrico tiene prioridad la calzada sobre el cordón y la acera.

- **Un trazo urbano consolidado tiene normalmente establecido instalaciones de servicios básicos debajo de la calzada.**

En cualquier ciudad se hacen varias de las instalaciones de servicios básicos como agua potable, alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, redes telefónicas, redes de gas domiciliario y redes de luz eléctrica debajo de la calzada a profundidades que restringen alguna modificación del trazo geométrico en altimetría, ya que por la parte superior se tiene la restricción en niveles por los niveles de los umbrales y los cordones, mientras que por abajo se tiene la restricción de las instalaciones de servicios, en el medio debe instalarse toda la estructura de la calzada, por lo tanto existe una restricción de alturas que al momento de diseñar son influyentes en cuanto menor sea el espacio en altura que se disponga para colocar el diseño altimétrico de la calzada.

- **Un trazo urbano consolidado por la topografía original de las ciudades tiene un encuentro de pendientes diferentes en las intersecciones.**

La topografía original de las ciudades es variable, existen algunas con una topografía muy accidentada con zonas de pendientes altas y otras zonas de pendientes bajas, lo ideal es que el trazo urbano este dentro de una topografía plana o de pendientes bajas, al no ser esto posible en todos los casos las pendientes de las calles van variando en función de la topografía de las calles y el encuentro de estas pendientes en las intersecciones dan lugar a un conflicto geométrico que debe ser resuelto en el diseño.

#### **4.8.1 Criterios prioritarios en el diseño.-**

Como se ha indicado en párrafos anteriores, existen restricciones de diversa índole para el diseño geométrico de calles en trazos urbanos que ya están consolidados por la construcción de las edificaciones cuyos niveles son variables, el alineamiento de las mismas también es variable y en muchos casos fuera de la línea correcta. Por ello

consideramos que es necesario partir de criterios prioritarios que deben ser los que primen al ejecutar el diseño geométrico de calles urbanas.

Para establecer los criterios prioritarios consideramos que debe establecerse cual es el elemento geométrico más importante dentro del diseño de las calles urbanas.

Una calle urbana tiene distintos elementos geométricos como ser: el ancho de la calzada, el alineamiento de la calzada, la pendiente longitudinal, el alineamiento de los cordones y aceras, el nivel de aceras, la pendiente transversal, los umbrales de las edificaciones, la ubicación de redes e instalaciones de servicios básicos, etc. Todos estos elementos tienen su importancia dentro del diseño geométrico pero cuál el criterio prioritario, sin duda el criterio prioritario con el que debe partir el diseño geométrico de calles urbanas es: **“El diseño geométrico de calles urbanas debe estar orientada a establecer que esta geometría sea la más adecuada en cuanto a ancho, alineamiento y pendiente priorizado sobre las condiciones de entorno como cordones, aceras, redes de servicios, etc.”**

Otro criterio prioritario es que: **“El diseño geométrico de las calles urbanas debe permitir un libre escurrimiento de las aguas superficiales de manera que el flujo sea constante y no exista empozamientos de agua”**

Un criterio prioritario también es: **“Las intersecciones deben ser zonas donde tanto el flujo vehicular principal y el flujo vehicular secundario tengan el mismo confort, sin cambios bruscos “**

## 5.1. CONCLUSIONES

- La mayoría de las ciudades de Bolivia en general tienen un trazo urbano consolidado en gran parte de la mancha urbana, solo las nuevas áreas urbanas en proceso de equipamiento tienen la oportunidad de tener un diseño geométrico de sus calles en forma paralela a la construcción de edificaciones y obras de contorno.
- Existen múltiples dificultades para el diseño geométrico de calles en un trazo urbano consolidado, el grado de dificultad es muy variable por lo que su análisis, estudio y diseño debe ser particularizado para cada caso, no es posible una metodología generalizada para todas las calles urbanas.
- La premisa inicial para el diseño geométrico de las calles urbanas debe ser “ el diseño de las calles estará como prioridad ante las obras de entorno como cordones y aceras”
- La dificultad del diseño geométrico de las calles debe estar diferenciada entre la geometría de las calles entre intersecciones y las intersecciones propiamente dichas.
- Si bien se establece principios generales para el diseño de las intersecciones, no se puede utilizar la misma sin un previo análisis del tipo de intersección y las condiciones particulares de la misma.
- En el diseño geométrico de las calles deben priorizarse los alineamientos rectos, para evitar los esviajes en las intersecciones.
- Debe adoptarse al momento de diseñar cual la calle principal y cual la secundaria en función a la pendiente longitudinal.
- Al momento de diseñar es preferible mantener alturas de cordones menores y no mayores que dificultan el abrir y cerrar de las puertas de los vehículos estacionados.

- Si el trazo consolidado de las calles no permite mejorar la geometría de las mismas en el diseño plantear en extremo una modificación física de la calle.
- El esviaje de los ejes de las calles entre las anteriores y posteriores a una intersección complica el diseño de la intersección, debiendo tomarse en cuenta esta condición para formar el cuadrante de cotas de intersección.
- Cuando el esviaje es en ambos sentidos de la calle principal y secundaria hay más complejidad en la intersección, debiendo tomarse en cuenta esta condición para formar el cuadrante de cotas de intersección.
- La presencia de una red de alcantarillado pluvial hace que se diferencie claramente en el diseño de intersecciones con drenaje pluvial y sin drenaje pluvial, en ambos casos el procedimiento metodológico es diferente y debe seguir el correcto para evitar defectos en la superficie de rodadura.
- Es conveniente que el diseño vial- urbano comparta con la planificación urbana una perspectiva conceptual y un lenguaje que permitan, por una parte, conciliar los objetivos específicos del primero con los valores generales de la segunda, y por otra, vincular el objeto particular del diseño vial-urbano, el espacio público, con el objeto general del urbanismo, que es la ciudad.
- Es necesario que las instituciones como la alcaldía con su departamento de planeamiento urbano, la dirección de tránsito y demás instituciones encargadas, busque la manera de coordinar y adecuar las calles que en nuestra ciudad tienen conflictos de manera geométrica como distancias de visibilidad lateral o elevaciones bruscas en intersecciones, para de alguna manera prevenir accidentes causados por las razones anteriormente explicadas.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- En un diseño de calles e intersecciones en trazo urbano consolidado, debe tenerse la plena seguridad que es **INDISPENSABLE** un diseño geométrico para responder a la seguridad y confort de los usuarios de las calles urbanas.
- No sirve una repetición mecánica en un diseño geométrico de calles por lo que el proyectista debe estar convencido de que los criterios generales para el diseño geométricos de calles en trazo urbano consolidado pueden ser similares, pero la metodología de diseño es variable para cada intersección por sus características propias.
- Es recomendable diseñar calle por calle e intersección por intersección, pero al final debe hacerse una compatibilización para analizar el diseño en su conjunto, lo que permita valorar la calidad del diseño por geometría y por drenaje.