

ANEXO III: METODOLOGÍA DE CÁLCULO

ESTUDIO AMBIENTAL ESTRATÉGICO DEL PLAN GENERAL ESTRUCTURAL DE ALZIRA ESTUDIO DE TRÁFICO Y MOVILIDAD

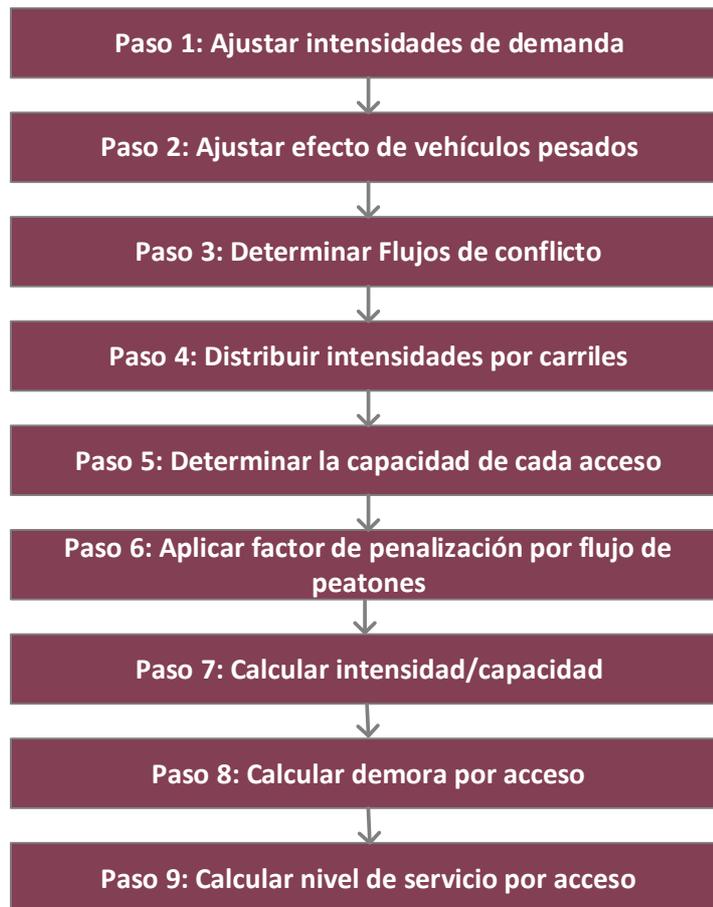
ANEXO III: METODOLOGÍA DE CÁLCULO ÍNDICE GENERAL

| | | |
|------|---|----|
| 1. | METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE LAS GLORIETAS | 3 |
| 1.1. | PASO 1. DEMANDA EN EL PERIODO DE ANÁLISIS | 3 |
| 1.2. | PASO 2. FACTOR DE AJUSTE POR VEHÍCULOS PESADOS | 3 |
| 1.3. | PASO 3. FLUJOS DE CONFLICTO | 4 |
| 1.4. | PASO 4. DISTRIBUIR INTENSIDADES POR CARRILES..... | 5 |
| 1.5. | PASO 5. CAPACIDAD DE CADA ACCESO | 5 |
| 1.6. | PASO 6. FACTOR DE PENALIZACIÓN POR FLUJO DE PEATONES | 6 |
| 1.7. | PASO 7. CALCULAR INTENSIDAD/CAPACIDAD | 7 |
| 1.8. | PASO 8. CALCULAR LA DEMORA MEDIA POR ACCESO..... | 7 |
| 1.9. | PASO 9. DETERMINAR EL NIVEL SERVICIO POR ACCESO..... | 7 |
| 2. | METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA | 8 |
| 2.1. | PASO 1. GRUPOS DE MOVIMIENTOS Y GRUPOS DE CARRILES | 8 |
| 2.2. | PASO 2. FLUJOS DE LOS GRUPOS DE MOVIMIENTOS | 9 |
| 2.3. | PASO 3. FLUJOS DE LOS GRUPOS DE CARRILES..... | 9 |
| 2.4. | PASO 4. TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN | 9 |
| 2.5. | PASO 5. PROPORCIÓN DE VEHÍCULOS DURANTE LA FASE VERDE | 11 |
| 2.6. | PASO 6. DURACIÓN DE LA FASE DE LA SEÑAL | 11 |
| 2.7. | PASO 7. CAPACIDAD Y EL RATIO VOLUMEN – CAPACIDAD..... | 11 |
| 2.8. | PASO 8. DETERMINACIÓN DE LA DEMORA | 11 |
| 2.9. | PASO 9. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO..... | 12 |
| 3. | METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO LA INTERSECCIÓN NO SEMAFORIZADA..... | 13 |
| 3.1. | PASO 1. NUMERAR Y PRIORIZAR LOS MOVIMIENTOS | 13 |
| 3.2. | PASO 2. AJUSTAR LA DEMANDA..... | 13 |
| 3.3. | PASO 3. DETERMINACIÓN DE FLUJOS DE CONFLICTO..... | 14 |
| 3.4. | PASO 4. HUECO CRÍTICO Y TIEMPO COMPLEMENTARIO | 14 |
| 3.5. | PASO 5. OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD..... | 15 |
| 3.6. | PASO 6. CALCULAR LA DEMORA DE CADA MOVIMIENTO..... | 16 |
| 3.7. | PASO 7. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO..... | 16 |

1. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE LAS GLORIETAS

Una glorieta es un tipo de nudo viario que se caracteriza por presentar un trazado generalmente circular, en la cual se circula alrededor de una isleta central en sentido anti-horario.

Para la evaluación de las condiciones de circulación en las glorietas analizadas en el estudio, se ha seguido la metodología recomendada por el “Highway Capacity Manual 2.010”, que consiste en la realización de una serie de pasos reflejados en el siguiente diagrama de flujo:



1.1. PASO 1. DEMANDA EN EL PERIODO DE ANÁLISIS

El análisis de las glorietas objeto de estudio se ha basado, en primer lugar, en evaluar cada movimiento de cada acceso (movimiento de paso, giros a la derecha, giros a la izquierda y cambios de sentido). Para ello, se han realizado los oportunos trabajos de campo, según se ha detallado en el anejo correspondiente, en los que se ha determinado la demanda de cada movimiento.

1.2. PASO 2. FACTOR DE AJUSTE POR VEHÍCULOS PESADOS

La demanda de vehículos por hora para cada movimiento, se ha ajustado posteriormente para tener en cuenta el efecto de la circulación de los vehículos pesados presentes en la corriente de tráfico.

La siguiente ecuación es la que se ha empleado para la obtención de las demandas ajustadas:

$$I_{i,VLPE} = \frac{I_i}{f_{VP}}$$

Siendo:

- $I_{i,VLPE}$ = demanda correspondiente al movimiento i ajustada por vehículos pesados, expresada en veh lig/h.
- I_i = demanda correspondiente al movimiento i, expresada en veh/h.
- f_{VP} = factor de ajuste por vehículos pesados.

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_c(E_c - 1)}$$

- P_c = porcentaje de vehículos pesados en la demanda
- E_c = vehículos ligeros equivalentes a un vehículo pesado

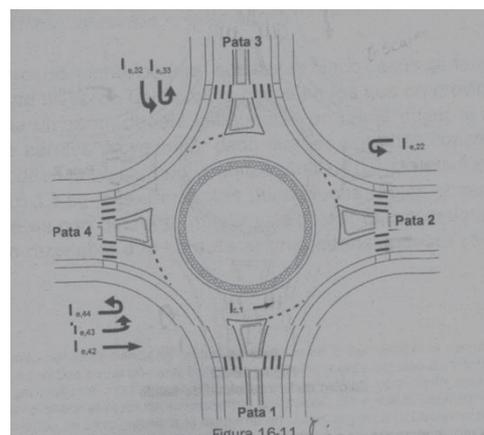
1.3. PASO 3. FLUJOS DE CONFLICTO

Para cada una de las patas o accesos, se ha calculado tanto la intensidad en la calzada anular como la intensidad en la salida.

A continuación, se muestran las fórmulas que se han utilizado para una glorieta de cuatro patas, aunque cabe indicar que la metodología a aplicar en otras situaciones consiste en adecuarla simplemente a la situación.

1.3.1 INTENSIDAD PRIORITARIA EN CONFLICTO CON UNA ENTRADA

La intensidad prioritaria en conflicto con una entrada, se corresponde con el flujo anular que circula por delante de la isleta deflectora de dicha entrada. En la siguiente figura se muestra de forma gráfica la forma de calcularla.



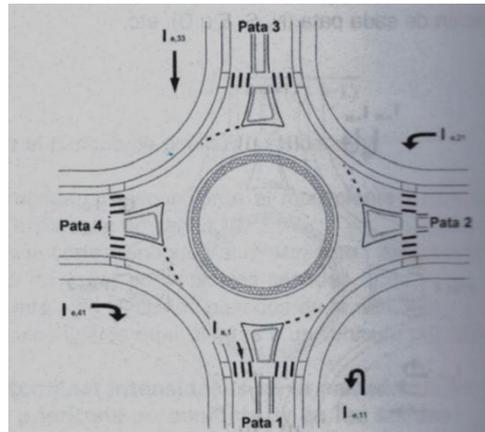
Cálculo gráfico de la intensidad prioritaria de conflicto.

$$I_{c,1,VLE} = I_{e,22,VLE} + I_{e,32,VLE} + I_{e,33,VLE} + I_{e,42,VLE} + I_{e,43,VLE} + I_{e,44,VLE}$$

1.3.2 INTENSIDAD DE SALIDA

La intensidad de salida en una pata determinada se ha determinado, principalmente, para calcular el flujo en conflicto con carriles segregados para giros a la derecha.

En la siguiente figura se muestra gráficamente la forma de calcular la intensidad de salida para el caso de la salida por la pata 1.



Cálculo gráfico de la intensidad de salida en una pata.

$$I_{s,1,VLE} = I_{e,11,VLE} + I_{e,21,VLE} + I_{e,31,VLE} + I_{e,41,VLE} + I_{e,41,VLE}$$

1.4. PASO 4. DISTRIBUIR INTENSIDADES POR CARRILES

En las glorietas que presentaban un carril único, la demanda se ha calculado como la suma de las demandas de todos los movimientos que utilicen dicha entrada.

En las glorietas que presentaban entradas de varios carriles o carriles segregados, se han empleado distintos procedimientos para determinar el flujo en cada carril, incluso en ocasiones, se ha simplificado teniendo en cuenta un único carril.

- Cuando la glorieta dispone de un carril segregado para giros a la derecha, el tráfico de dicho carril no se considerará flujo de entrada a la glorieta.
- Cuando se dispone de un carril para atender a un movimiento dado, el flujo de dicho movimiento se ha asignado completamente a ese carril.
- El flujo se ha distribuido por todos los carriles sujeto a las observaciones.

1.5. PASO 5. CAPACIDAD DE CADA ACCESO

Para cada uno de los accesos se ha calculado la capacidad de cada carril de entrada, según métodos determinísticos, concretamente según el método empírico del Ministerio de Fomento, que permite determinar la capacidad de cada entrada en función de la intensidad prioritaria que la corta.

La siguiente expresión permite obtener la capacidad para cada entrada.

$$Q_e = F - fQ_c$$

Siendo:

- Q_e = Capacidad de una entrada (veh.lig.equivalentes/h).
- Q_c = Intensidad de tráfico anular (veh.lig.equivalente/h).
- F y f = Parámetros en función del trazada en planta:

$$F = 303 x k$$

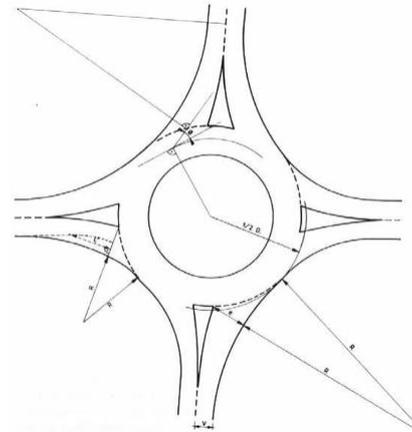
$$f = 0,210 t k(1 + 0.2x)$$

$$x = v + \frac{e - v}{1 + 2S}$$

$$k = 1 - \frac{\varnothing - 33}{259} - 0,978\left(\frac{1}{R} - 0,05\right)$$

$$t = 1 + \frac{0,5}{1 + e^{\left(\frac{D-60}{10}\right)}}$$

$$S = 1,6 \cdot \frac{e - v}{l}$$



Siendo:

- e = Anchura de la entrada (m).
- v = Semianchura de la calzada de acceso (m).
- l = Longitud del abocinamiento de entrada (m).
- \varnothing = Ángulo entre las trayectorias de entrada y anular (grais).
- R = Mínimo radio de la trayectoria de entrada (m).
- D = Diámetros de la isleta central (m).

1.6. PASO 6. FACTOR DE PENALIZACIÓN POR FLUJO DE PEATONES

En aquellas glorietas en las que la circulación de peatones es notoria, se ha tenido en consideración la presencia de este colectivo puesto que, en ocasiones, puede verse reducida la capacidad de la entrada de una glorieta en aquellos casos en los que existe una alta intensidad de peatones, haciendo uso de la prioridad de paso de la que gozan en la mayoría de los casos.

Cabe indicar que, en los casos en los que se verifique la siguiente expresión, el factor de reducción por cruce de peatones, que se aplica sobre la capacidad de una entrada, se caracteriza por ser igual a la unidad.

$$I_{c,vle} > 881$$

Siendo:

- $I_{c,vLE}$ = intensidad prioritaria en conflicto (en veh lig/h), en el periodo de análisis considerado.

1.7. PASO 7. CALCULAR INTENSIDAD/CAPACIDAD

La ratio intensidad – capacidad de un carril dado, se ha calculado como el cociente entre su demanda y su capacidad, según se muestra en la siguiente expresión:

$$X_i = \frac{I_i}{C_i}$$

Siendo:

- X_i = intensidad/capacidad para un carril i (en veh/h).
- I_i =demanda en carril i (en veh/h).
- C_i =demanda en carril i (en veh/h).

1.8. PASO 8. CALCULAR LA DEMORA MEDIA POR ACCESO

Para el cálculo de las demoras se ha empleado la siguiente expresión:

$$d = \frac{3.600}{c} + 900T \left[x - 1 + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3.600}{c}\right)x}{450T}} \right] + 5 * \min[x, 1]$$

Donde:

- d = demora media por regulación (s/veh).
- X =ratio intensidad-capacidad (i/c) del carril considerado.
- C = capacidad del carril considerado (veh/h).
- T = periodo de tiempo (h).

1.9. PASO 9. DETERMINAR EL NIVEL SERVICIO POR ACCESO

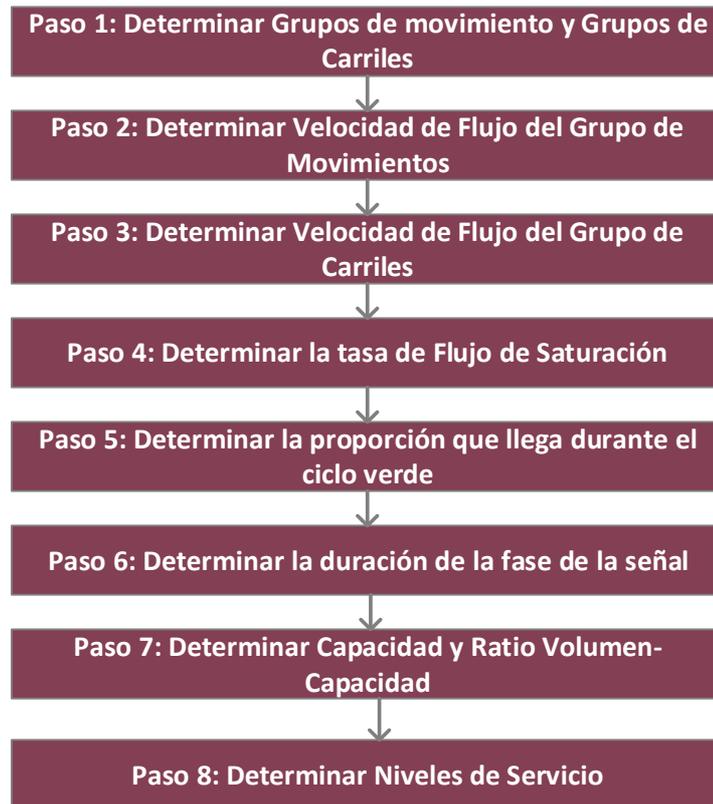
Una vez obtenida la demora media para cada acceso, se ha contrastado con la tabla que se muestra a continuación y determinado el Nivel de Servicio, que permite traducir los resultados de modelos numéricos complejos a un sistema simple de clasificación de la A a la F.

Mediante esta clasificación se puede determinar si las condiciones de circulación en las intersecciones giratorias son aceptables o inaceptables y, del mismo modo, permite conocer la probabilidad de si una actuación en el ámbito es percibida de forma significativa por parte de los usuarios.

| Demora | NIVEL DE SERVICIO |
|--------|-------------------|
| <=10 | A |
| >10-20 | B |
| >20-35 | C |
| >25-55 | D |
| >55-80 | E |
| >80 | F |

2. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA

Para la evaluación de las condiciones de circulación en la intersección semaforizada analizada, se ha seguido la metodología recomendada por el "Highway Capacity Manual 2.010", que consiste en la realización de una serie de pasos reflejados en el siguiente diagrama de flujo:



2.1. PASO 1. GRUPOS DE MOVIMIENTOS Y GRUPOS DE CARRILES

En base a los movimientos típicos que se recogen en la siguiente tabla, se han caracterizado tanto los grupos de movimientos como los grupos de carriles para la intersección objeto de análisis.

| Number of Lanes | Movements by Lanes | Movement Groups (MG) | Lane Groups (LG) |
|-----------------|---|---|---|
| 1 | Left, through, and right:  | MG 1:  | LG 1:  |
| 2 | Exclusive left:  Through and right:  | MG 1:  MG 2:  | LG 1:  LG 2:  |
| 2 | Left and through:  Through and right:  | MG 1:  MG 2:  | LG 1:  LG 2:  |
| 3 | Exclusive left:  Through:  Through and right:  | MG 1:  MG 2:  MG 3:  | LG 1:  LG 2:  LG 3:  |

Grupos de movimientos y carriles típicos

Además, se han empleado por las reglas expuestas en el HCM 2010, que se exponen a continuación:

2.1.1 DETERMINACIÓN DE GRUPOS DE MOVIMIENTOS

- Los carriles exclusivos de giro no se designarán compartidos con otros movimientos, formando un movimiento de grupo.
- Los carriles no asignados a un grupo por la regla anterior, se deben combinar en un grupo de movimientos.

2.1.2 DETERMINACIÓN DE GRUPOS DE CARRILES

- Un carril exclusivo para giro a la izquierda se designará como un grupo de carril separado.
- Cualquier carril compartido se designará como un grupo de carril separado.
- Cualquier carril que no sea exclusivo de giro o carril compartido deberá de combinarse en un solo carril.

2.2. PASO 2. FLUJOS DE LOS GRUPOS DE MOVIMIENTOS

En este apartado se designan los flujos de vehículos acordes a cada movimiento, teniendo presente que, si el movimiento de giro se realiza por carriles exclusivos, se deberá determinar el flujo para estos carriles.

2.3. PASO 3. FLUJOS DE LOS GRUPOS DE CARRILES

Si en el enfoque de la intersección no existen carriles compartidos o si el enfoque tiene un solo carril, el flujo del grupo de carriles es igual al flujo del grupo de movimiento.

Si hay uno o más carriles compartidos en el acercamiento el flujo se calcula, analizando el flujo de cada carril en el acercamiento para diferenciar exactamente el flujo de vehículos para cada carril.

2.4. PASO 4. TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN

La tasa de flujo de saturación se conoce como la tasa de flujo de saturación ajustada puesto que, al calcularla, se emplean varios factores que ajustan la tasa de flujos de saturación base a las condiciones reales que existen en la intersección.

La siguiente expresión permite calcular la tasa de saturación:

$$S = S_o f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$$

Siendo:

- S = Ajuste de saturación (automóviles/carril/hora).
- S_o = Flujo de saturación base.
Para áreas metropolitanas con menos de 250.000 habitantes, este valor se adoptará como 1.750 automóviles /carril/hora.
- f_w = factor de ajuste por ancho de carril.

| Promedio ancho carril (m) | Factor ajuste ancho de carril |
|---------------------------|-------------------------------|
| <3.0 | 0.96 |
| >=3.0-3.92 | 1.00 |
| >3.92 | 1.04 |

En este caso todos los carriles que confluyen en la intersección presentan anchos entre 3.0 y 3.92 m, por tanto, el factor de ajuste por ancho de carril adoptará un valor de 1.

- f_{HVG} = factor de ajuste por vehículos pesados.

Debido al espacio adicional que ocupan los vehículos pesados y las diferentes paradas en relación con los vehículos ligeros se tomará un factor de equivalencia de 2.

- f_p = factor de ajuste de estacionamiento.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{N_m \cdot 18}{3,600}}{N} \geq 0.050$$

- N = Número de carriles en grupo de carril.
- N_m = tasa de maniobra de estacionamiento adyacente a maniobras de grupo de carril.

- f_{bb} = factor de ajuste por la presencia de buses locales.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{N_b \cdot 14.4}{3,600}}{N} \geq 0.050$$

- N = Número de carriles en grupo de carril.
- N_b = tasa de parada del autobús en el enfoque de la intersección.

- f_a = factor de área.

El manual recomienda que este valor sea 0.90 para zona con carriles angostos, estacionamientos, paraderos datando la intersección de cierta complejidad y congestión general.

- f_{LU} = factor de ajuste por utilización de carril.

Este factor es usado para estimar la tasa de saturación de flujo por grupos de carriles con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carriles tiene carriles exclusivos este factor es 1.0.

- f_{LT} = factor de ajuste por la presencia de grupos de carriles que giren a la izquierda.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L}$$

$$E_L = 1.05$$

- f_{RT} = factor de ajuste por la presencia de grupos de carriles que giren a la derecha.

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R}$$

$$E_R = 1.18$$

- f_{Lpb} = factor de ajuste por la presencia de peatones en giros a izquierda.
- f_{Rpb} = factor de ajuste por la presencia de peatones y ciclistas en giros a la derecha.

A pesar de existir presencia de peatones, como en este caso esta no supone limitación para el funcionamiento de la intersección consideraremos que ambos factores de ajuste toman como valor 1.0.

2.5. PASO 5. PROPORCIÓN DE VEHÍCULOS DURANTE LA FASE VERDE

La demora y el tamaño de cola en una intersección semaforizada dependen, en gran medida, de la proporción de vehículos que lleguen durante las fases verdes y rojas del semáforo.

Para grupo de carril se utilizará la siguiente expresión:

$$P = R_p \left(\frac{g}{C} \right)$$

Esta ecuación requiere el conocimiento del tiempo en verde efectivo y la longitud del ciclo

2.6. PASO 6. DURACIÓN DE LA FASE DE LA SEÑAL

La duración de la fase depende del tipo de control que usa la intersección, como en este caso la intersección es predefinida, es un input, y no será necesario el cálculo de esta.

2.7. PASO 7. CAPACIDAD Y EL RATIO VOLUMEN – CAPACIDAD

La capacidad de un grupo de carriles se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C = Ns \left(\frac{g}{C} \right) \quad X = \frac{v}{C}$$

Siendo:

- C = Capacidad (veh/h).
- N = Número de carriles por grupo.
- g = tiempo en verde efectivo.
- C = Longitud de ciclo.
- X = ratio volumen-capacidad.
- v = flujo de demanda (veh/h).

2.8. PASO 8. DETERMINACIÓN DE LA DEMORA

$$d = d_1(PF + d_2)$$

Siendo:

- d_1 = demoras uniformes.

$$d_1 = PF \frac{0.5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - (\min(1, X) \frac{g}{C})}$$

- PF = factor de progresión.
- P = proporción de vehículos que llegan durante la fase verde.

$$PF = \frac{1 - P}{1 - g/c} x \frac{1 - y}{1 - \min(1, X)P} x (1 + y \frac{1 - P C/g}{1 - g/c})$$

$$y = \min(1, X)g/C$$

- d_2 = incremento de demora.

$$d_2 = 900T((x - 1) + \sqrt{\frac{(x - 1)^2 + 8(KIX)}{CT}})$$

- K = factor de incremento de la demora función del tipo de control, 0.5 para semáforos de tiempos fijos.
- I = Factor de ajuste de filtro aguas arriba, vale 1 para intersecciones aisladas.

2.9. PASO 9. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO

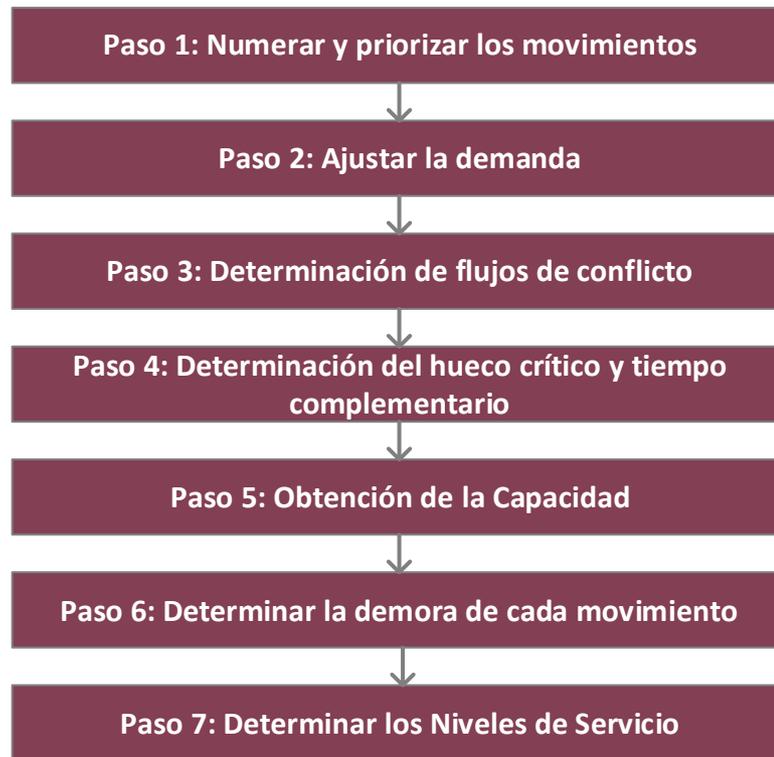
Una vez obtenida la demora media, se ha contrastado con la tabla que se muestra a continuación y determinado el Nivel de Servicio, que permite traducir los resultados de modelos numéricos complejos a un sistema simple de clasificación de la A a la F.

Mediante esta clasificación se puede determinar si las condiciones de circulación en la intersección semaforizada son aceptables o inaceptables y, del mismo modo, permite conocer la probabilidad de si una actuación en el ámbito es percibida de forma significativa por parte de los usuarios.

| Demora | NIVEL DE SERVICIO |
|--------|-------------------|
| <=10 | A |
| >10-20 | B |
| >20-35 | C |
| >25-55 | D |
| >55-80 | E |
| >80 | F |

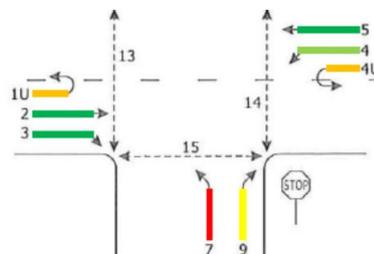
3. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO LA INTERSECCIÓN NO SEMAFORIZADA

Para la evaluación de las condiciones de circulación en la intersección no semaforizada localizada en la CV-41, se ha seguido la metodología recomendada por el "Highway Capacity Manual 2.010", que consiste en la realización de una serie de pasos reflejados en el siguiente diagrama de flujo:



3.1. PASO 1. NUMERAR Y PRIORIZAR LOS MOVIMIENTOS

Puesto que la metodología de cálculo tiene su base en los modelos de aceptación de hueco, donde se asume que los huecos se encuentran distribuidos aleatoriamente, además tiene la cuenta la prioridad relativa de movimientos en la intersección, donde cada movimiento se caracteriza por tener una prioridad distinta en la intersección, en la siguiente imagen se muestra una numeración típica del HCM, para una intersección con tres ramales.



3.2. PASO 2. AJUSTAR LA DEMANDA

Consiste en convertir la demanda en los 15 minutos más cargados de la hora punta, para ello se aplica la siguiente ecuación para cada movimiento determinado.

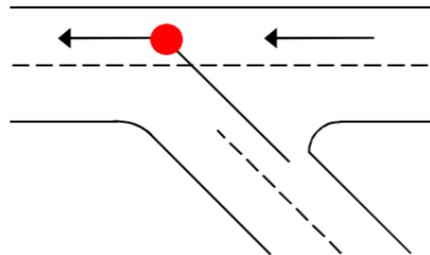
$$v_i = \frac{V_i}{PHF}$$

Siendo:

- v_i = intensidad de tráfico de cada movimiento i (veh/h).
- V_i = intensidad de demanda de cada movimiento i (veh/h).
- PHF = Factor de hora punta.

3.3. PASO 3. DETERMINACIÓN DE FLUJOS DE CONFLICTO

Los flujos de conflicto se determinan analizando cada uno de los movimientos y determinando los flujos que impiden que el movimiento en cuestión, se pueda desarrollar libremente. En la siguiente imagen se observa un esquema típico de un conflicto de la incorporación de una vía a otra.



3.4. PASO 4. HUECO CRÍTICO Y TIEMPO COMPLEMENTARIO

La siguiente expresión permite calcular el hueco crítico:

$$t_c = t_{c,base} + t_{c,HV}P_{HV} + t_{c,G}G - t_{3,LT}$$

Siendo:

- t_c = hueco crítico (s).
- $t_{c,base}$ = hueco crítico base (s).

| Vehicle Movement | Base Critical Headway, $t_{c,base}$ (s) | | |
|--------------------------|---|---|---|
| | Two Lanes | Four Lanes | Six Lanes |
| Left turn from major | 4.1 | 4.1 | 5.3 |
| U-turn from major | N/A | 6.4 (wide) 6.9 (narrow) | 5.6 |
| Right turn from minor | 6.2 | 6.9 | 7.1 |
| Through traffic on minor | 1-stage: 6.5 | 1-stage: 6.5 | 1-stage: 6.5* |
| | 2-stage, Stage I: 5.5 2-stage, Stage II: 5.5 | 2-stage, Stage I: 5.5 2-stage, Stage II: 5.5 | 2-stage, Stage I: 5.5* 2-stage, Stage II: 5.5* |
| Left turn from minor | 1-stage: 7.1 | 1-stage: 7.5 | 1-stage: 6.4 |
| | 2-stage, Stage I: 6.1 2-stage, Stage II: 6.1 | 2-stage, Stage I: 6.5 2-stage, Stage II: 6.5 | 2-stage, Stage I: 7.3 2-stage, Stage II: 6.7 |

* Use caution; values estimated.

- $t_{c,HV}$ = factor de ajuste por vehículos pesados (s).
 - 0.9 para vías principales con 1 carril por sentido.
 - 1.0 para vías principales con 2 o más carriles por sentido.
- P_{HV} = proporción de vehículos pesados para el movimiento.

- $t_{c,G}$ = factor de ajuste por pendiente (s).
- G = pendiente (expresada con signo, en %).
- $t_{c,HV}$ = factor de ajuste por vehículos pesados (s).
 - 0.9 para vías principales con 1 carril por sentido.
 - 1.0 para vías principales con 2 o más carriles por sentido.
- P_{HV} = proporción de vehículos pesados para el movimiento.
- $t_{c,G}$ = factor de ajuste por pendiente (s).
- G = pendiente (expresada con signo, en %).

Para calcular el tiempo complementario, se hace uso de la siguiente expresión:

$$t_f = t_{f,base} + t_{f,HV}P_{HV}$$

Siendo:

- t_f = tiempo complementario (s).
- $t_{f,base}$ = hueco complementario base (s).

| Vehicle Movement | Base Follow-Up Headway, $t_{f,base}$ (s) | | |
|--------------------------|--|----------------------------|-----------|
| | Two Lanes | Four Lanes | Six Lanes |
| Left turn from major | 2.2 | 2.2 | 3.1 |
| U-turn from major | N/A | 2.5 (wide) 3.1 (narrow) | 2.3 |
| Right turn from minor | 3.3 | 3.3 | 3.9 |
| Through traffic on minor | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| Left turn from minor | 3.5 | 3.5 | 3.8 |

- $t_{f,HV}$ = factor de ajuste por vehículos pesados (s).
 - 0.9 para vías principales con 1 carril por sentido.
 - 1.0 para vías principales con 2 o más carriles por sentido.
- P_{HV} = proporción de vehículos pesados para cada movimiento.

3.5. PASO 5. OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD

Para cada movimiento se obtendrá la capacidad potencial, utilizando la siguiente expresión:

$$C_{p,x} = v_{c,x} \frac{e^{-\frac{v_{c,x}t_{c,x}}{3600}}}{1 - e^{-\frac{v_{c,x}t_{c,x}}{3600}}}$$

Siendo:

- $v_{c,x}$ = flujo de conflicto del movimiento (veh/h).
- $t_{c,x}$ = hueco crítico del movimiento (s).

- $t_{f,x}$ = tiempo complementario del movimiento (s).

3.6. PASO 6. CALCULAR LA DEMORA DE CADA MOVIMIENTO

$$d = \frac{3.600}{c_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3.600}{c} \frac{v_x}{c_{m,x}}\right)}{450T}} \right] + 5$$

Siendo:

- $c_{m,x}$ = capacidad del movimiento (veh/h).
- v_x = volumen de tráfico del movimiento (s).
- T = periodo de análisis (h).

3.7. PASO 7. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO

Los distintos niveles de servicio indican los valores de demora producido por las colas que se dan en los accesos a la intersección. Se obtiene para cada uno de los movimientos, ya que:

- Los vehículos que continúan en la vía principal no tienen demora.
- Mayor proporción de vehículos en la vía principal.
- Escasa demora puede enmascarar deficiencias importantes en algunos movimientos menores.

| Demora | NIVEL DE SERVICIO |
|--------|-------------------|
| <=10 | A |
| >10-20 | B |
| >20-35 | C |
| >25-55 | D |
| >55-80 | E |
| >80 | F |