

METODOLOGÍA DE INGENIERÍA SEMAFÓRICA PARA LA REPÚBLICA DOMINICANA

1. Principio general

La programación de los semáforos deberá considerarse una tarea técnica de ingeniería de tránsito.

Los tiempos de verde, amarillo y rojo no deberán establecerse exclusivamente mediante apreciaciones visuales, experiencias personales o decisiones improvisadas ante la formación de filas.

Cada programación deberá responder a información verificable sobre el comportamiento de la intersección y del corredor al cual pertenece.

El principio será:

CADA SEGUNDO DEL SEMÁFORO DEBE TENER UNA JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.

2. ¿QUIÉN DEBE ESTABLECER LOS TIEMPOS?

La responsabilidad técnica principal deberá corresponder al INTRANT, en coordinación con los ayuntamientos dentro de sus respectivas competencias.

Esto resulta coherente con la Ley núm. 63-17, que establece al INTRANT como órgano rector nacional de la movilidad y le atribuye la planificación sectorial, el establecimiento de estándares técnicos y tecnológicos y la coordinación de las políticas de tránsito con los gobiernos locales.

Dentro del INTRANT deberá identificarse claramente una unidad o equipo responsable de ingeniería y programación semafórica.

DIGESETT deberá participar aportando información operacional y situaciones observadas en las vías, pero no deberá convertirse en el organismo que determine ordinariamente los tiempos permanentes de los semáforos.

En términos sencillos:

INTRANT diseña y programa, el Centro de Control monitorea y ajusta, la DIGESETT fiscaliza y responde ante excepciones y los Ayuntamientos coordinan dentro de sus competencias territoriales.

3. PRIMER PASO: MEDIR EL TRÁNSITO

Antes de modificar una intersección deberá realizarse un aforo. El aforo consiste simplemente en determinar cuántos vehículos llegan y hacia dónde se dirigen. Por ejemplo:

Durante quince minutos pueden registrarse:

Norte → Sur: 420 vehículos

Sur → Norte: 350 vehículos

Este → Oeste: 180 vehículos

Oeste → Este: 210 vehículos

También deberán contabilizarse los giros a la izquierda y derecha cuando tengan importancia significativa.

Estas mediciones se repetirán en diferentes horarios, no basta conocer lo que ocurre a las 8:00 de la mañana. La misma intersección puede comportarse completamente diferente entre horas del día. Por ello deberán desarrollarse diferentes planes semafóricos.

4. CICLO SEMAFÓRICO

El ciclo es el tiempo necesario para que el semáforo complete todas sus fases y vuelva al punto de inicio. Por ejemplo:

1. Verde avenida principal: 45 segundos.
2. Amarillo: 4 segundos.
3. Tiempo de seguridad: 2 segundos.
4. Verde transversal: 30 segundos.
5. Amarillo: 4 segundos.
6. Tiempo de seguridad: 2 segundos.

El ciclo completo sería aproximadamente **87 segundos**.

La duración correcta dependerá de las características de cada intersección.

La FHWA advierte que ciclos excesivamente largos producen mayores demoras y filas, mientras que ciclos demasiado cortos pueden impedir atender correctamente todos los movimientos. Como orientación general, en intersecciones convencionales suele preferirse evitar ciclos superiores a unos 120 segundos salvo que existan razones específicas que lo justifiquen. Por tanto:

MÁS TIEMPO VERDE NO SIGNIFICA NECESARIAMENTE MEJOR TRÁNSITO.

5. REPARTO DEL TIEMPO VERDE

Una vez determinada la duración del ciclo, deberá establecerse cuánto tiempo recibe cada movimiento. A esto técnicamente se le denomina distribución o split.

Si una avenida concentra el 65 % de la demanda y la transversal aproximadamente el 35 %, resulta lógico que la primera reciba proporcionalmente más capacidad. Pero no necesariamente exactamente 65 % del tiempo.

También deberán considerarse:

- a) Cantidad de carriles;
- b) Capacidad efectiva de cada carril;
- c) Giros;
- d) Transporte público;
- e) Motocicletas;
- f) Peatones;
- g) Geometría de la intersección;
- h) Congestión existente después del cruce.

La ingeniería busca distribuir el verde donde realmente produce mayor beneficio.

6. EL SEMÁFORO SIGUIENTE TAMBIÉN IMPORTA

No sirve de mucho conseguir que una intersección descargue rápidamente si el semáforo siguiente está en rojo y no puede recibir todos esos vehículos. Por eso debe calcularse el *desfase u offset* entre intersecciones.

El objetivo consiste en que un grupo de vehículos que recibe luz verde pueda encontrar progresivamente condiciones favorables en las intersecciones siguientes. La FHWA describe esta coordinación como la progresión de grupos de vehículos entre señales y señala que una buena coordinación reduce llegadas en rojo, demoras y filas.

Es lo que popularmente conocemos como: **OLA VERDE**.

Pero la ola verde no significa poner todos los semáforos verdes simultáneamente, significa calcular cuándo debe iniciar el verde de cada intersección teniendo en cuenta la distancia entre ellas y la velocidad razonable de desplazamiento.

7. EL PEATÓN FORMA PARTE DEL CÁLCULO

Una programación científica debe garantizar tiempo suficiente para que una persona pueda atravesar la vía con seguridad. La duración de las fases peatonales dependerá, entre otros factores, de:

1. Anchura de la vía,
2. Distancia de cruce,
3. Velocidad de desplazamiento peatonal,
4. Volumen de peatones
5. Características particulares del lugar.

Los estándares internacionales calculan explícitamente tiempos mínimos de cruce peatonal y exigen que esos tiempos formen parte del diseño del ciclo. Por tanto, ningún intento de acelerar automóviles deberá comprometer la seguridad del peatón.

8. AMARILLO Y TIEMPO DE DESPEJE

El amarillo tampoco deberá establecerse arbitrariamente. Su duración depende de factores como velocidad de aproximación y características físicas de la intersección.

Los estándares técnicos de referencia establecen que su duración debe determinarse mediante prácticas de ingeniería y consideran normalmente valores dentro de un rango aproximado de tres a seis segundos, dependiendo de las circunstancias.

Después del amarillo también puede existir un breve período en el cual todas las direcciones permanezcan en rojo.

Ese tiempo permite que los vehículos que ya entraron legítimamente puedan terminar de despejar la intersección antes de liberar el movimiento contrario.

Este elemento es particularmente importante en intersecciones grandes.

9. CINCO VARIABLES BÁSICAS

Para simplificar la metodología dominicana, toda programación deberá responder al menos a cinco preguntas:

1. ¿CUÁNTOS?

¿Cuántos vehículos llegan?

2. ¿DE DÓNDE Y HACIA DÓNDE?

¿Cuáles movimientos concentran mayor demanda?

3. ¿CUÁNTO ESPACIO EXISTE?

¿Cuántos carriles y qué capacidad tiene la vía?

4. ¿QUÉ OCURRE DESPUÉS?

¿La próxima intersección tiene capacidad para recibir esos vehículos?

5. ¿CUÁNTO CAMINAN LOS PEATONES?

¿Cuánto tiempo necesitan para atravesar de forma segura?

Con estas cinco preguntas puede evitarse buena parte de la improvisación existente.

10. DIFERENTES PROGRAMAS PARA DIFERENTES HORARIOS

Un semáforo no deberá necesariamente utilizar el mismo programa durante las 24 horas. Por ejemplo:

6:00 a. m. – 9:00 a. m.	Mayor prioridad a los movimientos predominantes hacia centros de trabajo y estudio.
9:00 a. m. – 3:00 p. m.	Programa intermedio.
3:00 p. m. – 8:00 p. m.	Programa para hora pico de la tarde.
Horario nocturno	Ciclos más cortos o funcionamiento actuado cuando la demanda sea baja.
Fines de semana	Programa específico según comportamiento observado.

Los sistemas semaforicos convencionales ya permiten utilizar planes con diferentes ciclos, repartos y desfases según horario; los sistemas actuados y adaptativos pueden modificar parte de estos parámetros atendiendo directamente a la demanda detectada.

11. REVISIÓN PERIÓDICA

Una programación correcta hoy puede dejar de serlo en algunos años.

Puede abrir un supermercado, construirse una torre, cambiar una ruta de transporte público, puede abrir una estación del Metro, modificarse el sentido de una calle, puede desarrollarse un nuevo residencial.

Por eso los principales corredores deberán evaluarse periódicamente. No deberá esperarse a que la ciudadanía denuncie un gran congestionamiento para estudiar nuevamente los tiempos.

12. PROCEDIMIENTO DOMINICANO SIMPLIFICADO

Cada intervención importante podría seguir esta secuencia:

*AFORAR / MEDIR FILAS Y DEMORAS / IDENTIFICAR MOVIMIENTOS CRÍTICOS /
CALCULAR CICLO / DISTRIBUIR VERDES / GARANTIZAR TIEMPOS PEATONALES /
COORDINAR CON SEMÁFOROS PRÓXIMOS / SIMULAR O PROBAR / IMPLEMENTAR /
MEDIR NUEVAMENTE / CORREGIR*

Este procedimiento no exige necesariamente tecnología sofisticada. En muchas intersecciones puede comenzar con cámaras existentes, conteos vehiculares, hojas de cálculo y programas de análisis de tránsito.

13. CUÁNDO ENTRA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La inteligencia artificial deberá incorporarse sobre una base científica ya establecida.

Una futura plataforma podría analizar simultáneamente cientos de variables y detectar patrones difíciles de observar manualmente.

Por ejemplo, podría identificar que cuando una determinada avenida supera cierto volumen, la cola llegará diez minutos después a otra intersección.

El sistema podría recomendar anticipadamente un cambio de programación.

Pero incluso en ese escenario deberán mantenerse reglas mínimas de seguridad que ningún algoritmo pueda modificar, particularmente aquellas relacionadas con peatones, amarillos, tiempos de despeje y movimientos conflictivos.

14. LABORATORIO DE MOVILIDAD

Se propone que el proyecto piloto funcione además como un Laboratorio Dominicano de Movilidad Urbana; no implica construir una nueva institución.

Sería simplemente una metodología de trabajo dentro del INTRANT mediante la cual determinadas intersecciones se utilicen para probar, medir y comparar soluciones. Universidades dominicanas podrían participar en:

- a) Aforos;
- b) Modelización;

- c) Simulación;
- d) Inteligencia artificial;
- e) Procesamiento de imágenes;
- f) Desarrollo de sensores;
- g) Evaluación de resultados.

Esto permitiría desarrollar progresivamente conocimiento nacional en ingeniería de tránsito.

15. REGLA DE DECISIÓN

Después de implementar cualquier modificación, deberá responderse una pregunta:

¿MEJORÓ EL RESULTADO?

Si disminuyeron tiempo de viaje, demoras, filas, bloqueos y número de paradas, sin perjudicar la seguridad vial ni al peatón, la modificación podrá considerarse favorable.

Si los indicadores empeoran, deberá corregirse. No deberán mantenerse decisiones simplemente porque fueron adoptadas anteriormente.

CONCLUSIÓN

La semaforización moderna no consiste únicamente en instalar luces rojas, amarillas y verdes, consiste en administrar científicamente un recurso escaso el tiempo y el espacio de la vía pública.

La República Dominicana puede avanzar hacia este modelo sin comenzar con enormes inversiones.

Necesita principalmente medir mejor, planificar mejor, coordinar mejor y evaluar permanentemente. La fórmula final del programa puede resumirse así:

DATOS + INGENIERÍA + COORDINACIÓN + TECNOLOGÍA + EVALUACIÓN = SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE.

Y esa inteligencia no comienza con inteligencia artificial, comienza tomando decisiones científicas.