



**ALCALDÍA DE  
SANTIAGO DE CALI**  
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

**ANEXO TÉCNICO 1A**

**No. DE PROCESO: 4152.010.32.1.002.2023**

**ADQUISICIÓN, INSTALACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO  
DE LOS ELEMENTOS HARDWARE Y SOFTWARE DE LA SOLUCIÓN DE CONTROL  
DE TRÁFICO ADAPTATIVO PARA EL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN  
INTELIGENTE**

**SECRETARÍA DE MOVILIDAD  
SUBSECRETARÍA DE MOVILIDAD SOSTENIBLE Y SEGURIDAD VIAL**

**OBJETO**

REALIZAR EL DESPLIEGUE FÍSICO Y LÓGICO DE UN SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE (SSI), MEDIANTE EL SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE TECNOLOGÍA COMO: HARDWARE, SOFTWARE Y SERVICIOS DE INGENIERÍA DE TRÁFICO E ITS (SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE) DE LAS INTERSECCIONES PRIORIZADAS DE LA RED SEMAFÓRICA DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE CALI, BP 26002924.

**CALI, FEBRERO 2023**

**ANEXO TÉCNICO 1A**

**No. DE PROCESO: 4152.010.32.1.002.2023**

**ADQUISICIÓN, INSTALACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO  
DE LOS ELEMENTOS HARDWARE Y SOFTWARE DE LA SOLUCIÓN DE CONTROL  
DE TRÁFICO ADAPTATIVO PARA EL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN  
INTELIGENTE**

**1. INTRODUCCIÓN**

El Sistema de Control Centralizado de Semáforos Adaptativo es un sistema que maneja intersecciones semaforizadas en función de la demanda de tráfico que la solicita. Su función principal es la de ajustar frecuentemente los parámetros de control (ciclo, reparto y desfase), minimizando así, la demora en toda la red centralizada a partir de los datos obtenidos de los detectores. Su objetivo es mantener un tráfico global fluido (coordinación de red) y eficiente en cada intersección.

Los Sistemas de Control Adaptativos (SCA) en tiempo real, se basan en algoritmos que pretenden optimizar los valores de funcionamiento globalmente para un área. Estos sistemas operan recolectando datos de cada una de las intersecciones, los cuales se transmiten hacia un computador central donde se calculan los mejores parámetros de funcionamiento para cada una de ellas. Estos nuevos parámetros son transmitidos hacia cada uno de los controladores de tránsito, los cuales se ajustan a las nuevas condiciones.

Con el desarrollo de este Anexo 1A - Anexo Técnico, se pretende definir las especificaciones técnicas y recomendaciones para la adquisición, instalación, implementación y puesta en funcionamiento de los elementos hardware y software de la Solución de Control de Tráfico Adaptativo para el Sistema de Semaforización Inteligente SSI del Distrito de Santiago de Cali.

Con el fin de que los posibles oferentes, puedan comprender los requerimientos para licitar e implementar una solución que incluya una solución de gestión central adaptativa de última tecnología compatible con la infraestructura instalada, teniendo en cuenta que el proveedor de la solución debe ser altamente calificado en el campo de la gestión de la movilidad, con experiencia demostrada en el desarrollo, despliegue, puesta en marcha y gestión de una Solución de Gestión de Central Adaptativa para el despliegue y puesta a punto de este componente tecnológico.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Mejorar el enfoque de la gestión de la movilidad, orientado hacia una Cali Inteligente o Smart City de acuerdo con el plan de desarrollo 2020-2023, logrando así la reducción de los tiempos de viaje, fomentando un cambio hacia modos alternativos de transporte, aumento de la seguridad para los usuarios viales vulnerables, reduciendo las emisiones de CO2 y fomentando una infraestructura digital inteligente y conectada.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Garantizar la selección de planes de señales o escenarios en función a las condiciones del tráfico.
- Mejorar la capacidad del control local por medio de la detección y redistribución de tiempos de verde no utilizados.
- Asegurar que los pronósticos de flujos de tráfico obtengan el tiempo de verde que requieran.
- Optimizar desfasajes de los inicios de verde, mejorando la calidad de las “olas verdes”
- Contar con la funcionalidad para manejo de congestión mediante priorización de corredores principales.
- Hacer posible la modificación de parámetros específicos del proyecto, mientras el control adaptativo está operando, lo que permite abrir un abanico de mejoras puntuales en los flujos de tráfico.

## **3. ALCANCE**

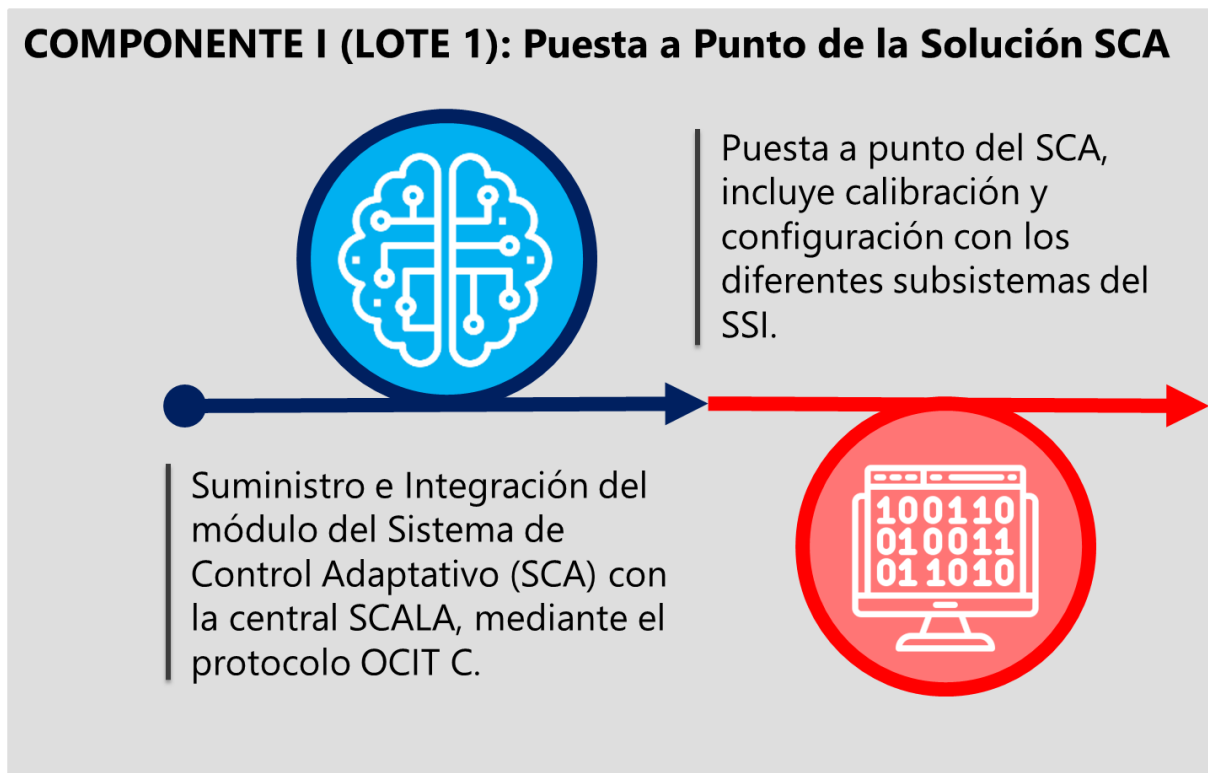
El alcance general del proyecto desde la perspectiva tecnológica comprende la puesta en operación de un sistema de control de tráfico adaptativo basado en lógica centralizada (SCA) que, al ser integrado a la central SCALA con protocolo de comunicación OCIT del Distrito de Santiago de Cali, mediante los sensores instalados en campo e integrados a los controladores de tráfico, logre responder de manera adecuada a las condiciones variables de la demanda de transporte en la ciudad, generando así impactos positivos en la movilidad.

El SCA deberá ser totalmente compatible con la Central SCALA en la versión que tenga al momento de efectuarse la instalación, totalmente compatible con el Sistema de Priorización de Transporte Público, con la herramienta SITRAFFIC OFFICE y otras herramientas de programación de los controladores que cumplan con las condiciones del pliego, que sean compatibles con el protocolo de comunicación OCIT y por supuesto que permitan desempeñar óptimamente las actividades de ingeniería de tráfico, con la herramienta de simulación VISSIM y

## COMPONENTE I: PUESTA A PUNTO DE LA SOLUCIÓN SCA

en general, con todo el sistema semafórico basado en protocolo de comunicación abierto OCIT de la Ciudad.

La adecuación del Centro de Control de Tráfico es importante para la adquisición, procesamiento y gestión de la información generada por un Sistema de Semaforización Inteligente enfocados en implementar la Smart City “Calinteligente”, teniendo como punto de partida el estado actual funcional y técnico del Centro de Control Semafórico de la Subsecretaría de Movilidad Sostenible y Seguridad Vial.



**Figura 1:** Alcance del componente I: Puesta a punto de la Solución SCA.

**Fuente.** Elaboración propia.

#### 4. PRINCIPALES ACTIVIDADES POR EJECUTAR A CARGO DEL CONTRATISTA Y SU ALCANCE

En este componente, el CONTRATISTA realizará diferentes actividades con la finalidad de garantizar que la totalidad de los elementos adquiridos se encuentren correctamente instalados, integrados, emitiendo los datos hacia el sistema central y siendo comandados desde dicho sistema central (según lo descrito en Anexo 1 - Anexo Técnico, 14 Especificaciones Técnicas Generales, de Infraestructura):

## COMPONENTE I: PUESTA A PUNTO DE LA SOLUCIÓN SCA

- Ratificar el cumplimiento de las condiciones técnicas necesarias sobre todos los elementos hardware y software, así como las funcionalidades para la puesta en operación de la solución.
- Probar el buen estado y funcionalidad de todos los elementos.
- Emplazar y configurar todos los elementos hardware y software en coordinación con la Entidad, en campo suministrando todo lo necesario para su correcta instalación y operación.
- Documentar la instalación de cada elemento.
- Las demás actividades que sean requeridas como parte de las obligaciones propias del Contratista, que se encuentren directamente relacionadas con el objeto del contrato y/o su alcance.

### 4.1. Suministro e Integración del Sistema de Control Adaptativo (SCA) con la central SCALA, mediante el protocolo OCIT-C

#### 4.1.1. Suministro, instalación e integración del módulo SCA con la central SCALA

Ítems	Insumos	Unidad	Cantidad
4.1.1.1	Adquisición, instalación, implementación y puesta a punto de los elementos hardware y software de la Solución de Control de Tráfico Adaptativo	UND	1
4.1.1.2	Licenciamiento del SCA por Controlador	UND	115

**Tabla 1.** Relación de los insumos y sus cantidades  
**Fuente:** Elaboración Propia

#### 4.1.1.1. Adquisición, instalación, implementación y puesta a punto de los elementos hardware y software de la Solución de Control de Tráfico Adaptativo

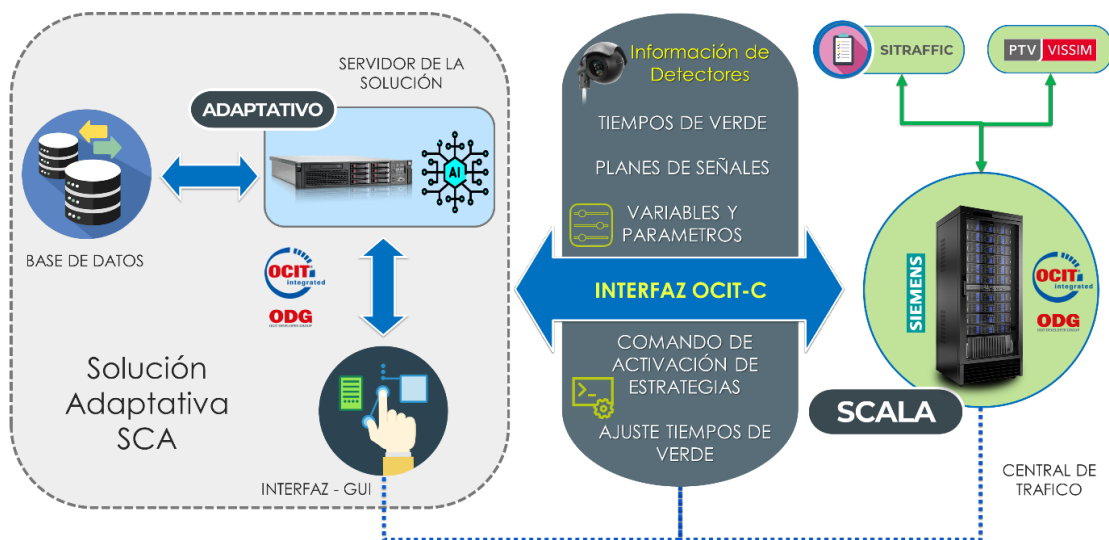
Santiago de Cali modernizará su enfoque actual de la gestión de la movilidad escalando su infraestructura y tecnología para que se integren módulos y sistemas interoperables cada vez más modernos, priorizando aquellas herramientas sobre las que se encuentre un mayor impacto positivo en la movilidad.

Una de esas herramientas es el nuevo software de tráfico SCA, con cuya adquisición, la ciudad modernizará sus capacidades actuales de gestión de la demanda vehicular en función de su variación temporal y espacial, manejo de coordinaciones de corredores semaforizados de forma dinámica; permitiendo así a la Entidad actuar en vez de reaccionar, para atender las condiciones del tráfico prevalecientes, monitorear el estado de conexión de los elementos periféricos relevantes para la operación adaptativa, aumentar la eficiencia del usuario final.

## COMPONENTE I: PUESTA A PUNTO DE LA SOLUCIÓN SCA

Este software utilizará tecnologías de vanguardia con las siguientes especificaciones:

- Intuitivo para el usuario, con una interfaz auto explicativa.
- Diseñado con algoritmos para control adaptativo documentados, comprensibles, con variables de entrada claras, con parámetros de decisión especificados y con salidas o actuaciones verificables.
- Integrable con la central SCALA existente del Distrito de Santiago de Cali en las instalaciones del centro de control de la Subsecretaría de Movilidad Sostenible y Seguridad Vial.
- Interoperable con el centro del control de tráfico y con los controladores a través de interfaces de datos de procesos abiertos.



**Figura 2:** Solución adaptativa.

**Fuente.** Elaboración propia.

El Sistema de Control Adaptativo - SCA deberá cumplir con las siguientes especificaciones técnicas generales; sin limitarse a ellas, dado que en la fase de planeación, contratista y Entidad podrán acordar nuevos requerimientos:

- Interfaz de usuario intuitiva, amigable, para un control efectivo.
- Algoritmos robustos, inteligentes con capacidad de: detectar, modelar, predecir y optimizar el tráfico y los movimientos de los diferentes usuarios de la vía.
- Algoritmos de control de tráfico basados en múltiples fuentes y criterios.
- Optimización de intersecciones semaforizadas en función de las necesidades de todos los usuarios de la vía.

## COMPONENTE I: PUESTA A PUNTO DE LA SOLUCIÓN SCA

---

- e) Herramientas para la gestión del funcionamiento del modo adaptativo, permitiendo definir la frecuencia de actuación, los sensores operando en cada intersección, los planes bases y las estadísticas, así como las acciones de regulación.
- f) Herramientas para el filtrado y análisis de la calidad de información obtenida de los detectores/sensores ubicados en la vía.
- g) Identificación de las averías de detectores/sensores mediante la comparación de los valores obtenidos con valores de referencia (el sistema deberá crear las alertas).
- h) Identificación de la fiabilidad de los datos por sensor de medida, de encontrarse anomalía se debe crear la alarma.
- i) Herramientas para la implementación de algoritmos de reconstrucción de información de tránsito obtenida de los sensores ubicados en vía, en situaciones de falta de información o baja fiabilidad.
- j) Implementación y puesta en operación de los algoritmos de reconstrucción de datos.
- k) Configuración de los niveles de fiabilidad/calidad de los datos de tránsito para la identificación de los datos erróneos a reconstruir.
- l) Plataforma totalmente compatible con diferentes sistemas y centrales de tráfico urbano.
- m) Capacidad de integración con otros sistemas propios de la Secretaría de Movilidad o de terceros.
- n) Sistema modular, configurable de acuerdo con la infraestructura específica instalada.
- o) Funcionalidad para entrenamiento de la operación, que permita a los operadores emular actuaciones de regulación sobre el sistema semafórico en situaciones de tránsito.
- p) Funcionalidad de generar informes.
- q) Capacidad de gestión de perfiles de usuarios.
- r) Herramientas de administración: visualización, configuración, registro de base de datos, carga masiva de parámetros al sistema, etc.
- s) Capacidad de auditoría para evidenciar que las condiciones presentes del Sistema al encontrar los datos de entrada capturados, toma las decisiones esperadas.
- t) Capacidad para compartir por medio de exportación, APIs y demás mecanismos manuales y automáticos los datos capturados por el sistema, y los parámetros, y los resultados del procesamiento del SCA.

Para el despliegue de solución SCA, se requiere de un servidor (físico o virtual) con conexión a la central de tráfico SCALA de la ciudad a través del cual se realiza el intercambio de datos con el SSI (Sistema de Semaforización Inteligente). Para esto se requiere de un protocolo de comunicaciones abierto OCIT-C, protocolo con el cual cuenta la ciudad de Cali y su central de tráfico SCALA.

**La solución debe garantizar:**

- Interfaz de comunicación del sistema por protocolo de comunicación abierto OCIT desarrollado por la ODG y que pueda distinguir entre OCIT-O (Outstation) y OCIT-C (Center).
- Un sistema con base en una aplicación de navegador web.
- Interfaz gráfica de usuario - GUI
  - Que el módulo GUI (*del inglés Graphical User Interface*) sea multinavegador y compatible con los navegadores de Internet más populares como Google Chrome.
  - Que el módulo GUI sea compatible con las dos últimas versiones de cada navegador de Internet avalado para su uso.
  - Que la interfaz sea multilingüe donde el Operador pueda seleccionar el idioma de su preferencia.
- Un sistema con interfaces de software abiertas
- Una interacción potente de soporte y fácil de usar para el operador
- El resumen general de todas las zonas alimentadas, en el que se pueda ver el estado actual de cada una de ellas, indicando la activación o no de:
  - Despliegue
  - Transmisión de decisiones a los controladores
- La carga de la programación de los controladores semafóricos por medio de archivos XML, SOP6 y otros tipos de extensiones que permiten la carga del 100% de las funcionalidades necesarias, como por ejemplo web services, API, etc.
- La creación, eliminación y modificación manual de la programación de los controladores semafóricos alimentados en el software para el funcionamiento central.
- La creación, eliminación y modificación de las zonas alimentadas en el software.
- El detallado del estado de cada zona alimentada.
- La exportación del estado mostrado en archivos CVS
- Una vista de mapa, en la que sea posible tener una visión general de los controladores conectados al sistema, diferenciados por colores y/o íconos en función del estado de la transmisión de decisiones de la zona a la que pertenece.

El CONTRATISTA ejecutará todas las tareas necesarias para escalar los servidores de la Central SCALA, dicho escalamiento podrá realizarse de manera horizontal y/o vertical siempre y cuando se cumpla con las especificaciones técnicas de todos los sistemas relacionados. Para ejecutar escalamiento horizontal deberá certificarse por parte del fabricante de la Central SCALA la compatibilidad de los elementos a instalar y deberá contar con el acompañamiento activo del fabricante de la Central SCALA para garantizar que las intervenciones no afecten el funcionamiento y la integridad del sistema.



- **Entregables**

Para la correcta implementación de la SCA, el CONTRATISTA debe desplegar los siguientes componentes:

- Instalación de la interfaz gráfica del sistema adaptativo (GUI Graphical User Interface)
- Licencias del SCA por controlador para la operación en red con la central Semafórica existente (Scala Siemens)
- Alimentación, parametrización y calibración del sistema adaptativo
- Puesta a punto y estabilización del sistema adaptativo

#### **4.1.1.2. Licenciamiento del SCA por Controlador**

El CONTRATISTA realizará las instalaciones y configuraciones de las licencias adquiridas para soportar el SCA (Sistema de Control Adaptativo) tanto en la central como en los equipos controladores de campo.

#### **4.2. Puesta a punto del SCA con parametrización y calibración del sistema con los diferentes subsistemas del SSI.**

##### **4.2.1. Parametrización del SCA e integración con dispositivos en campo, así como la construcción de lógicas basadas en los datos de los sensores.**

Ítems	Insumos	Unidad	Cantidad
4.2.1.1	Alimentación, diseño y parametrización del SCA	UND	50
4.2.1.2	Adaptación e integración del algoritmo de controladores basados en OCIT-O en campo con la central, efectuando optimización del planeamiento existente	UND	50
4.2.1.3	Validación de los modos de operación, asignación y parametrización de detectores a las intersecciones priorizadas.	UND	50

**Tabla 2.** Relación de los insumos y sus cantidades para la puesta a punto del SCA

**Fuente:** Elaboración Propia

Con base en los insumos de estudios de Ingeniería de tráfico, realizados por la consultoría y que la Entidad suministrará al CONTRATISTA como:

- ✓ Información tabular de intersecciones con ubicación geográfica.
- ✓ Planos de semaforización y diseño de las intersecciones.

- ✓ Programación y planes de señales.
- ✓ Aforos vehiculares y peatonales
- ✓ Mediciones de colas.
- ✓ Mediciones de saturación.
- ✓ Estimación previa de los modos de operación
- ✓ Toda la información estadística disponible sobre las intersecciones priorizadas.

El contratista efectuará, dentro de los servicios de ingeniería a prestar, la revisión, validación y perfeccionamiento de estos y retroalimentará para definir de manera conjunta con la Secretaría de Movilidad (siendo responsable el contratista) los modos de operación definitivos, la zonificación, la ubicación detallada de los detectores y demás parámetros necesarios para construir la lógica de operación que servirá para planear la inversión e intervención en el corto, mediano y largo plazo. Además, será el estudio técnico base para la implementación del sistema de semaforización inteligente SSI para la proyección de una “Calinteligente”.

Para las intersecciones intervenidas y optimizadas con modos de operación, el módulo de software SCA instalado, configurado y puesto a punto de funcionamiento, en un servidor central acordado en la etapa de planificación, podrá realizar modificaciones de parámetros a partir de un plan de tráfico inicial y utilizando escenarios o modelos de control alimentados por la información del tránsito reflejada en los datos -en tiempo real- que suministran los detectores ubicados en la vía.

En el compromiso con la movilidad sostenible, el CONTRATISTA deberá considerar medidas para favorecer el transporte público, los peatones y los ciclistas. También deberá entregar las recomendaciones pertinentes.

Todo esto permitirá que la ciudad quede con una base de datos geográfica que será fundamental para la gestión inteligente del futuro sistema de gestión del tráfico.

- **Metodología a implementar:**

- **Diagnóstico y definición de la línea base:** Identificar las necesidades actuales que permitan encontrar las soluciones que se adapten a las condiciones específicas de la ciudad. Para esto el CONTRATISTA deberá realizar visitas, entrevistas y capturar información secundaria para poder realizar un diagnóstico y descripción de las condiciones actuales de la red semafórica de la ciudad. Presentando indicadores de operación que serán la línea base perfecta para que la ciudad pueda evaluar y comparar las mejoras derivadas de las intervenciones futuras.

## COMPONENTE I: PUESTA A PUNTO DE LA SOLUCIÓN SCA

---

- **Conceptualización:** Con base en experiencias internacionales definir los modos de operación (locales y centrales) y las posibles combinaciones y constelaciones de operación que podrán servir a la ciudad. El CONTRATISTA presentará un concepto técnico con los mecanismos de regulación para el controlador a nivel local (tiempos fijos y tráfico actuado), para la selección central responsiva (selección de programas basada en el tiempo o basada en el tráfico) y para la adaptabilidad central (ajuste de tiempos de verde en función de la demanda de un corredor o zona, modificaciones a las coordinaciones, gestión de colas).
- **Proyección de corredores de coordinación:** Encontrar en función de la dinámica de movilidad de la ciudad la longitud perfecta para que los corredores puedan tener olas verdes que los usuarios realmente logren percibir. Menos esperas, menos paradas, menos congestión, menores tiempos de viaje.
- **Diseño de un plan de sensorización:** La clave para la operación de una red actuada, adaptativa y responsiva es la detección vehicular. El CONTRATISTA asignará a la red los detectores necesarios para permitir la mejor gestión del tráfico. Para esto se deberá aplicar una metodología de iteraciones para la validación de detección, ampliamente probada en otras locaciones.

Esta incluye un análisis estadístico del nivel de problemática en las intersecciones y un análisis geográfico de los corredores de coordinación definidos y las interacciones en red. El objetivo es determinar las necesidades y las ganancias de la sensorización. Al final la entidad tendrá claro cómo y cuándo invertir en sensorización de acuerdo con un plan de corto, mediano y largo plazo.

- **Definición de polígonos de operación:** la combinación del análisis estadístico del tráfico y geográfico de las interacciones en red permite la combinación de modos en las dos escalas de análisis: controlador y red vial, que permitirá al CONTRATISTA desplegar los modos de operación, por intersección, por corredor y por zona.

Dentro de la implementación o definición de los **modos de operación** de la ciudad es necesario considerar el modo Adaptativo-Responsivo para aplicación en áreas o zonas con condiciones de tráfico impredecibles.

La definición de las áreas o zonas que se asignarán para este modo de operación, resultará del análisis o estudio de tráfico aplicado a cada una de las intersecciones de la ciudad.

Este modo de operación se basa en que el módulo de software SCA instalado y/o habilitado en un servidor central pueda realizar modificaciones de parámetros a partir de un plan de tráfico

inicial y utilizando escenarios o modelos de control alimentados por la información del tránsito reflejada en los datos -en tiempo real- que suministran los detectores ubicados en la vía.

La información de los detectores determina la duración de la fase activa en cada momento, la plataforma analiza la situación y decide la prolongación o acorte de la fase actual y de esta manera opera para cada una de las intersecciones que hacen parte del grupo o área definida como adaptativa con el fin de optimizar el estado del tránsito según las estadísticas observadas y que se definan para la gestión.

Los intervalos de medición y actuación deberán ser configurables y dependerán del análisis de cada área y el grupo al cual se asigne de acuerdo con las características de tráfico evidenciadas.

La operación en modo adaptativo podrá aplicarse sobre un plan semafórico ya determinado y disponible en el sistema en cualquier otro modo de operación (planes fijos o selección dinámica de planes).

La plataforma SCA, estará conformada por el algoritmo o filosofía de control, una base de datos y una interfaz de usuario y monitoreo. Deberá contar con las herramientas necesarias para la gestión de la aplicación del modo adaptativo permitiendo definir la frecuencia de actuación, los sensores de aplicación a cada intersección, los planes bases y las estadísticas, así como las acciones de regulación. Todas las solicitudes de cambio, los valores y parámetros agregados por el algoritmo de control y todos los valores relevantes necesarios para el cálculo se almacenarán en la base de datos interna.

La plataforma con todas las herramientas de software y hardware necesarias para su correcta operación deberá ser 100% compatible e integrada funcional y operativamente con la plataforma Central de Tráfico Sitraffic SCALA existente en la ciudad de Cali. Todas las afectaciones o actividades necesarias para este fin estarán a cargo del proveedor de la plataforma de control adaptativo, así como garantizar la estabilidad y correcta operación del sistema o subsistemas afectados por las intervenciones a que haya lugar.

**Nota 1:** la anterior metodología corresponde a la definida por la entidad para las intersecciones a intervenir, sin embargo, las sugerencias y/o recomendaciones por parte del CONTRATISTA para su implementación, serán evaluadas por la entidad y de considerarse pertinente, se surtirá el correspondiente ajuste.

- **Tipos de control:**

El algoritmo de control de red deberá permitir habilitar los siguientes tipos de control, y todos ellos deberán ser demostrados en las intersecciones a intervenir, así como capacitado al

personal que el Contratante designe para transferir el conocimiento completo de la configuración:

- **Responsivo:**

Mecanismo basado en la selección automática de planes semafóricos que, por condiciones del tráfico de un corredor o red, permite el envío a los controladores de parámetros asociados a la selección de un plan de señales determinado que optimiza la capacidad (tiempo de verde por hora) a través de un cambio de escenario. La selección se realiza por parte del sistema central en función de los datos de los detectores.

La aplicación contará con las herramientas necesarias para la creación y gestión de esquemas o escenarios de acuerdo con las condiciones de tráfico de las posibles situaciones que se pueden medir y registrar en cada área de la ciudad. Las condiciones de tráfico relevantes para cada situación particular se introducen en cada escenario y la comparación entre estos permitirá definir la ubicación de los puntos de medición y los planes asociados a cada alternativa establecida.

- **Adaptativo:**

En este modo de control la aplicación evalúa las condiciones del tráfico de un área o grupo dentro de la red y se adaptan las rutinas de los controladores mediante el envío de parámetros dinámicos asociados a la calculación y ajuste de los tiempos de verde y grados de saturación.

La optimización se realizará en función del flujo del tráfico detectado, la estructura de coordinación de los escenarios existentes, la identificación de incidentes de tráfico y otras reglas definidas. El objetivo de la optimización será seleccionar el escenario más adecuado de acuerdo con los indicadores preestablecidos. El efecto es una optimización de la distribución de tiempo verde por hora que influye en las direcciones de flujo dentro de la red.

- **Subdivisión de la red en áreas de control:**

Teniendo en cuenta el tamaño de la red vial señalizada de la ciudad, será necesario dividirla en diferentes áreas de control. Los estados de tráfico definidos deben producirse al mismo tiempo dentro de un área de control.

Los elementos topográficos como tipos de vías, autopistas, ríos, tren de cercanía, entre otros generalmente determinarán que la red de la ciudad se subdivida en áreas de control.

Otros criterios que deberán ser tenidos en cuenta son:

- Grandes distancias entre intersecciones.
- El tipo o el número de estados de tráfico dentro de la red varían. Aunque existan estados idénticos, se producen en momentos muy diferentes del día.
- Los controles lógicos se aplicarán por segmentos.

La subdivisión de la red en zonas de control producirá una serie de ventajas, por ejemplo:

- Mayor flexibilidad del sistema de control en cuanto a las fluctuaciones del tráfico en la red.
  - Creación y puesta en marcha de la lógica en segmentos.
  - Lógicas más claras y fáciles de adaptar o ampliar.
- **Distribución de las áreas de control en grupos**

Una zona de control se podrá subdividir en varios grupos si se van a seleccionar diferentes programas de señales en secciones de la zona de control durante un estado de tráfico concreto. Esto permite reaccionar a las fluctuaciones de tráfico a corto plazo que, por razones de estabilidad, deberían evitarse en la mayoría de los casos en la selección de estados.

La comunicación es posible entre las áreas de control y los grupos. Esto permite coordinar las acciones.

- **Definición de estados de tráfico y niveles de control**

La primera tarea consistirá en definir qué estados de tráfico deben detectarse en cada zona de control, estos estados de tráfico no sólo se utilizarán en la planificación de escenarios dentro de la red, sino que también se deberán usar durante la planificación de los programas de señales y su coordinación.

Los estados expresan una característica específica de tráfico o su ocurrencia temporal. Algunos ejemplos de estados de tráfico son:

- Tráfico ligero o tráfico nocturno
- Tráfico normal o tráfico diurno
- Tráfico pesado de entrada o pico de la mañana
- Tráfico pesado de salida o pico de la tarde

Dentro de una situación de tráfico en una zona de control, la constelación de volúmenes de tráfico varía durante un periodo más largo dentro de unos límites definidos.

En un nivel de control estratégico, el estado actual del tráfico estará determinado por un área de control. Para cada situación, deberá existir al menos un programa de señales (básico) para cada intersección del área de control que se ajuste a las características de la situación (tiempo de ciclo estándar o dirección de coordinación específica, etc.).

En el nivel de control táctico, se seleccionará un programa de señales para cada grupo en un área de control en función del estado actual. En este nivel de control, deberá ser posible reaccionar a las fluctuaciones de los niveles de tráfico en partes del área de control con relativa rapidez. Esto se hará cambiando a programas de señales alternativos, cuyas características (mejor punto de conmutación, tiempo de ciclo, coordinación) deberán coincidir con las del programa básico de señales. De este modo se evita la interrupción del flujo de tráfico con cambios frecuentes en el programa de señales.

Cada estado se caracteriza por el hecho de que los valores de determinadas variables de tráfico se sitúan por debajo, dentro o por encima de unos valores determinados durante un tiempo determinado. Entre las variables a considerar para la definición de los estados de tráfico deberán estar como mínimo la ocupación, conteos y velocidad.

En función del estado actual, sólo los datos de tráfico capaces de dar lugar a un cambio de situación previsto o que mantienen la situación actual se incluirán en la lógica.

El algoritmo también tendrá en cuenta el número de carriles, así como las reducciones en el flujo de tráfico que resultan de factores o condiciones específicas de cada carril.

Las transiciones entre estados de tráfico que no se producen en la práctica no deben incluirse en el escenario de cambio de estado, esto reducirá el tamaño de la lógica y será más fácil de entender reduciendo la probabilidad de que se tomen decisiones lógicas erróneas.

- **Creación de escenarios de estado**

Un conocimiento preciso de las condiciones de tráfico en todas las situaciones e ideas sobre cómo se pueden medir y registrar son esenciales a la hora de planificar un sistema de control adaptativo.

Se recomienda preparar los escenarios de estado para todas las situaciones de tráfico máximo.

Los flujos de tráfico relevantes para cada situación particular se deberán introducir en los escenarios.

La comparación de las listas de estados deberá revelar dónde deben colocarse los puntos de medición. Es aconsejable colocarlos donde:

## COMPONENTE I: PUESTA A PUNTO DE LA SOLUCIÓN SCA

- Las situaciones pueden distinguirse claramente unas de otras.
- Los volúmenes de tráfico característicos puedan medirse lo antes posible (detección de la situación).
- El tráfico puede medirse antes de que abandone la zona de control, teniendo en cuenta el tiempo de tránsito (mantenimiento de la situación).

### Entregables:

- Descripción de los modos de operación proyectados específicamente para las condiciones de la ciudad
- Proyección de corredores de coordinación
- Lista de intersecciones para manejo con dispositivos de sensorización
- Definición de zonas (polígonos) de operación para los modos responsivo y central adaptativo
- Recomendaciones para el transporte público
- Recomendaciones para manejo peatonal, ciclistas e invidentes
- Creación de una Base de Datos Geográfica (manejada mediante los softwares Qgis y Excel), la cual incluye múltiples campos que caracterizan los diferentes objetos del sistema: detectores, controladores, corredores y zonas.
- Planeamiento por intersección a nivel local, con la optimización de un planeamiento existente (optimización). Incluye lógica para el tráfico actuado local.
- Integración y edición de la lógica local para que sea capaz de integrarse al sistema adaptativo (solo integración).
- Alimentación, parametrización y calibración del sistema adaptativo
- Despliegue de zonas y activación desde el modo off-line al modo-online.

## 5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y PLAN DE PAGOS

En la siguiente tabla se presenta un cronograma estimado para el desarrollo de las actividades para la adquisición, instalación, implementación y puesta en funcionamiento de los elementos hardware y software de la solución de control de tráfico adaptativo para el sistema de semaforización inteligente del distrito de Santiago de Cali.

**Tabla 3.** Entregables y cronograma para las actividades de la puesta a punto de la solución SCA para el sistema de semaforización inteligente

Lot e	Componente	Actividades	Producto	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES						
				Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
1	Puesta a punto de la Solución SCA (Sistema de Control Adaptativo)	Suministro e Integración del módulo del Sistema de Control Adaptativo (SCA) con la central SCALA,	Suministro, instalación e integración del módulo SCA con la central SCALA							



## COMPONENTE I: PUESTA A PUNTO DE LA SOLUCIÓN SCA

		mediante el protocolo OCIT C							
		Puesta a punto del SCA, incluye calibración y configuración con los diferentes subsistemas del SSI.	Parametrización del SCA e integración con dispositivos en campo, así como la construcción de lógicas basadas en los datos de los sensores						

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta a continuación el plan de pagos relacionada con los entregables en la Tabla:

**Tabla 4.** Cronograma y plan de pagos por entregable

Lot e	Componente	Actividades	Producto	PLAN DE PAGOS		
				P1	P2	PF
1	Puesta a punto de la Solución SCA (Sistema de Control Adaptativo)	Suministro e Integración del módulo del Sistema de Control Adaptativo (SCA) con la central SCALA, mediante el protocolo OCIT C	Suministro, instalación e integración del módulo SCA con la central SCALA	60%	40%	
		Puesta a punto del SCA, incluye calibración y configuración con los diferentes subsistemas del SSI.	Parametrización del SCA e integración con dispositivos en campo, así como la construcción de lógicas basadas en los datos de los sensores		50%	50%

Fuente: Elaboración Propia

**Nota:** Se harán pagos de acuerdo a porcentaje de avance por actividades o productos recibidos a satisfacción por el organismo.

Fuente. Elaboración propia.

En constancia, se firma en Santiago de Cali, a los 03 días del mes de febrero de 2023.

*Firmado Electrónicamente*

---

MILTON CESAR ORTIZ LOPEZ  
Ingeniero de Sistemas y Telemática  
Especialista en: Gerencia de Proyectos y  
Sistemas Inteligentes de Transporte

*Firmado Electrónicamente*

---

MÓNICA ALEJANDRA MUSSE



Ingeniera Topográfica  
Especialista en: Gerencia Estratégica de Proyectos

*Firmado Electrónicamente*

---

JAIME ALEXANDER OSORIO SARRIA  
Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones