Contratante	SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE IBAGUÉ S.A.S "SETP IBAGUÉ S.A.S"		
Objeto	REALIZAR LA **REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL MODELO FINANCIERO Y SUS ESCENARIOS** PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO (SETP) DE IBAGUÉ		
Fecha	14/04/2026		

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

El original y las copias del presente estudio han sido entregadas a las siguientes dependencias:

Entidad	Original	Copia
A4 ASOCIADOS S.A.S.	Digital	1
SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE IBAGUÉ	Digital	1

CONTROL DE CALIDAD DOCUMENTO DIAGNOSTICO

Entregable	Aprobación Director de Proyecto	Remisión al SETP	Versión	Observaciones	Aprobación SETP
Documento Diagnóstico Modelo Financiero	16/04/2026	16/04/2026	1		
Documento Diagnóstico Modelo Financiero	30/05/2026	30/05/2026	2		



ALEXANDER CASTAÑO BELEÑO
Representante Legal
A4 Asociados SAS

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5
2. OBJETIVOS 6
2.1 Objetivo general 6
2.2 Objetivos específicos 6
3. GLOSARIO DE TERMINOS 7
4. DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL MODELO FINANCIERO 22
4.1 Descripción del Sistema y Agentes Modelados 25
4.2 Supuestos Operacionales del Escenario Base 26
4.3 Evolución de la Flota por Tipología 27
4.4 Estructura de Costos. Canasta de Costos por Tipología 27
4.5 Estructura de Ingresos y Tarifa Técnica de Referencia (TTRef) 28
4.6 Estructura Financiera del Operador Convencional 29
4.7 Resultados Financieros por Agente 29
4.8 Resumen de Indicadores Financieros por Agente 30
5. ESTRUCTURA DEL DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS INICIAL DEL MODELO FINANCIERO EXISTENTE 31
5.1 Diagnóstico y estructuración del modelo SIGMA 2018 31
5.1.1 Levantamiento del modelo financiero anterior 31
5.1.2 Identificación de variables y parámetros 35
5.1.3 Análisis de coherencia interna y externa 37
5.1.4 Señalamiento de vacíos y oportunidades de mejora 39
5.2 Diagnóstico y estructuración del modelo SETP Ibagué 2025. 55
5.2.1 Contexto, alcance y trazabilidad documental 56
5.2.2 Descripción de la arquitectura del modelo 56
5.2.3 Evaluación bajo el estándar FAST 58
5.2.4 Análisis de coherencia interna y externa 58
5.2.5 Hallazgos priorizados de la revisión complementaria 60
5.2.6 Elementos aprovechables para construcción del nuevo modelo 61
5.2.7 Clasificación del modelo y articulación con el diagnóstico 62
6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES CRÍTICAS A ACTUALIZAR 63
7. CONCLUSIONES 66
8. BIBLIOGRAFÍA (Agregar) 69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Arquitectura por agente 22
Tabla 2. Arquitectura por capas 23
Tabla 3. Agentes modelados 25
Tabla 4. Supuestos operacionales escenario base 26
Tabla 5. Descripción flota por tipología 27
Tabla 6. Canasta de costos 28
Tabla 7. Estructura de ingresos 28
Tabla 8. Estructura financiera del operador 29
Tabla 9. Resultados financieros por agente 30
Tabla 10. Indicadores financieros por agente 30
Tabla 11. Versiones archivo revisado 31
Tabla 12. Inventario de hojas y métricas 32
Tabla 13. Cuantificación impacto sobre los agentes del sistema 34
Tabla 14. Grupo de variables y su estado 35
Tabla 15. Clasificación de variables por criticidad 37
Tabla 16. Tipos de errores 38
Tabla 17. Comparación déficit escenario flota eléctrica 39
Tabla 18. Resultados evaluación FAST - nivel global 40
Tabla 19. Análisis de pertinencia de variables macroeconómicas 41
Tabla 20. Evolución de la DTF E.A. – Colombia 2019–2025 41
Tabla 21. IPC anual Colombia y salario mínimo 2019–2026 42
Tabla 22. Comparativo precios de combustibles Colombia 2019 vs. 2025–2026 43
Tabla 23. Proyección costos de conductor 2018–2026 43
Tabla 24. Vínculos externos huérfanos 45
Tabla 25. Errores #REF! 45
Tabla 26. Errores #DIV/0! 46
Tabla 27. Errores #NUM! 47
Tabla 28. Errores planos implícitos en fórmulas 48
Tabla 29. Evaluación FAST multiplicador de cierre 50
Tabla 30. Evaluación TIR del proyecto 51
Tabla 31. Evaluación TIR operadores 52
Tabla 32. Inventario de hallazgos 53
Tabla 33. Ficha técnica del Modelo Ibagué V11 56
Tabla 34. Arquitectura funcional por capas del Modelo Ibagué V11 57
Tabla 35. Evaluación FAST del Modelo Ibagué V11 58
Tabla 36. Supuestos del Modelo Ibagué V11 que requieren verificación o actualización 59
Tabla 37. Inventario de hallazgos — Modelo Ibagué V11 60
Tabla 38. Insumos del Modelo Ibagué V11 aprovechables en la Etapa 2 61

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Horizonte 22
Ilustración 2. Estructura Sistema de Transporte SETP Ibagué..... 25

1. INTRODUCCIÓN

El Sistema Estratégico de Transporte Público (SETP) de Ibagué es un proyecto de alto impacto urbano, social y fiscal, cuya sostenibilidad depende, en gran medida, de la solidez de su estructuración financiera. En este tipo de sistemas, el modelo financiero no es únicamente una herramienta de cálculo, sino el instrumento central para comprender cómo interactúan la operación, la tarifa, los costos, la financiación y los riesgos a lo largo del tiempo, y así mismo, es una herramienta para proyectar las necesidades de subsidio, las condiciones de equilibrio y la viabilidad económica de los distintos agentes que participan en el sistema.

El modelo financiero actualmente utilizado por el SETP de Ibagué fue desarrollado inicialmente por (SIGMA, 2019) y actualizado por el SETP en el año 2025 bajo supuestos coherentes con el contexto económico y sectorial de ese momento. Sin embargo, desde entonces se han producido cambios estructurales relevantes en el entorno macroeconómico (particularmente en inflación y costo del financiamiento en el mercado), así como una evolución significativa del marco de política pública y regulatorio del transporte, orientada a la transición tecnológica y a la descarbonización del sector. Adicionalmente, se han consolidado estándares internacionales de modelación financiera, como el estándar FAST, que hoy exigen mayores niveles de transparencia, trazabilidad y flexibilidad. Estos cambios hacen necesaria una revisión integral del modelo financiero vigente para garantizar su pertinencia y utilidad como herramienta de planeación y toma de decisiones.

En este contexto, el presente informe tiene como objetivo realizar un diagnóstico inicial que permita: identificar las variables y parámetros utilizados en el modelo financiero entregado por SIGMA, así como realizar un análisis de coherencia interna y externa e identificar oportunidades de mejora. El análisis aquí presentado se encuentra estructurado en un mapeo y descripción de la estructura del modelo (incluyendo principales resultados del mismo), seguido del diagnóstico y análisis inicial del mismo que permite identificar errores, variables desactualizas y elementos a considerar para la construcción del nuevo modelo y finaliza con una identificación de las variables críticas a actualizar; todo lo anterior se realiza mediante la alineación con el estándar metodológico FAST (Flexible, Appropriate, Structured, Transparent).

Los resultados de este diagnóstico evidencian que, si bien el modelo conserva una estructura conceptual válida y reconoce adecuadamente los agentes y flujos fundamentales del sistema, presenta deficiencias relevantes en términos de integridad técnica, actualización de supuestos, manejo de errores, documentación y capacidad de adaptación a nuevos escenarios. Estas debilidades limitan su confiabilidad y reducen su utilidad como instrumento para la toma de decisiones estratégicas en el contexto actual del proyecto.

En consecuencia, el informe no solo caracteriza el estado del modelo existente, sino que establece los lineamientos técnicos necesarios para su reconstrucción integral en las etapas posteriores. De esta manera, se sientan las bases para el desarrollo de un nuevo modelo financiero robusto, transparente y parametrizable, que refleje adecuadamente la realidad económica del SETP, permita determinar el balance del sistema (déficits, equilibrio, superávit) , su comportamiento estructural o temporal en el horizonte de proyección, como se distribuye los recurso entre los diferentes agentes del sistema, la viabilidad de los agentes y su comportamiento ante la sensibilización de variables y escenarios de diversas variaciones operativas, así como su uso en el soporte sólido para la planificación financiera y la gestión pública del sistema.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Diagnostica cualitativamente el estado actual de los modelos financieros del Sistema Estratégico de Transporte Público (SETP) de Ibagué, identificando sus principales limitaciones y estableciendo criterios técnicos para su actualización como herramienta de planeación y toma de decisiones empleando la metodología FAST (Flexible – Appropiate – Structure – Transparent)

2.2 Objetivos específicos

- Realizar descripción y mapeo de los modelos financieros existentes.
- Realizar diagnóstico y análisis inicial de variables y parámetros considerando la coherencia interna y externa del mismo, bajo criterios y lineamientos de metodologías FAST para modelación financiera.
- Establecer criterios y lineamientos técnicos para la actualización y reconstrucción del modelo financiero, orientados a mejorar su transparencia, flexibilidad y utilidad como herramienta de planeación y toma de decisiones.

3. GLOSARIO DE TERMINOS

A	
Agente	**Categoría:** *Sistema de transporte / Estructura contractual* Cada uno de los actores del SETP que tiene un contrato propio, presta un servicio diferenciado y recibe una remuneración independiente. El modelo SIGMA 2018 evalúa cinco agentes: el Concesionario Convencional (operación de flota TPC), el Concesionario Eléctrico (flota eléctrica, no activo en el escenario base), el Concesionario Tecnológico (sistema de recaudo y control de flota), el Ente Gestor (coordinación y planificación del sistema) y la Fiduciaria (administración de los recursos del recaudo). Para cada agente se proyectan flujos financieros, indicadores de rentabilidad y estados financieros de forma separada, lo que permite evaluar la viabilidad de cada contrato de manera independiente.
Amortización	**Categoría:** *Deuda y financiamiento* Pago periódico que reduce el saldo de capital de un crédito. Cada cuota de amortización disminuye la deuda pendiente y, en consecuencia, los intereses del período siguiente se calculan sobre un saldo menor. En el modelo SIGMA 2018, la amortización se calcula con periodicidad mensual —498 columnas en las hojas DEUDA—, lo que permite que el saldo se reduzca doce veces al año en lugar de una sola vez, produciendo un cálculo de intereses más preciso y fiel al comportamiento real del instrumento de crédito. No debe confundirse con la depreciación, que es la disminución contable del valor de un activo físico.
AOT — Agente Operador de Transporte *(Concesionario Convencional)*	**Categoría:** *Estructura de agentes del SETP* Empresa privada que opera la flota de vehículos de transporte público colectivo —microbuses, busetas y buses diésel/GNVC— dentro del SETP de Ibagué, bajo la figura de convenio de colaboración con el Ente Gestor. El Operador Convencional recibe una remuneración calculada con base en los kilómetros recorridos, los vehículos operativos y los pasajeros transportados, siguiendo la metodología de la Resolución 4350 de 1998. En el modelo SIGMA 2018 se consolidan los dos operadores convencionales en un único flujo financiero representativo, dado que el modelo asume características financieras simétricas para ambos.
Arquitectura del modelo	**Categoría:** *Calidad y estructura del modelo financiero* Forma en que se organizan las hojas, módulos y capas de cálculo de un modelo financiero. Una arquitectura bien diseñada sigue el principio Entradas → Cálculos → Salidas: los datos base se ingresan una sola vez en celdas identificadas, las fórmulas los procesan, y los resultados

	aparecen en hojas de salida sin retroalimentar las entradas. El modelo SIGMA 2018 presenta cuatro capas funcionales identificables, pero cuenta con 22 pares de referencias bidireccionales que comprometen la dirección del flujo de información y dificultan la auditoría independiente.
B	
Brecha tarifaria	**Categoría:** *Tarifa y sostenibilidad financiera* Diferencia entre la Tarifa Técnica de Referencia —lo que el sistema necesita cobrar para ser autosostenible— y la Tarifa al Usuario —lo que el pasajero paga en ventanilla—. Esta brecha representa el déficit operacional estructural que debe cubrirse con recursos públicos de cofinanciación. En el modelo SIGMA 2018 se proyecta una brecha máxima de aproximadamente $500 por pasaje en 2029, asociada principalmente al costo del aire acondicionado en los vehículos nuevos.
C	
CAPM — Modelo de Valoración de Activos de Capital *(Capital Asset Pricing Model)*	**Categoría:** *Evaluación financiera* Metodología financiera que calcula el retorno mínimo que los inversionistas exigen para comprometer capital en un proyecto, en función del riesgo que asumen. Este retorno mínimo —también llamado costo del equity— se compara con la TIR del accionista para determinar si el proyecto crea valor. En el modelo SIGMA 2018, el CAPM estima una TIR del accionista requerida de 13% E.A. real. Con las tasas de interés actuales (DTF ~9%, casi el doble del supuesto base), este umbral debe ser revisado al alza, lo que presiona aún más la viabilidad del sistema.
Canasta de costos	**Categoría:** *Costos operativos / Marco regulatorio* Estructura metodológica definida en la Resolución 4350 de 1998 del Ministerio de Transporte que desglosa el costo total del servicio de transporte público colectivo en componentes específicos: adquisición del vehículo (CAPEX), combustible o energía, mantenimiento, llantas, seguros, salarios del conductor y administración. A partir de esta canasta se calcula el costo por kilómetro recorrido para cada tipología de vehículo, y de allí se deriva la Tarifa Técnica que el sistema requiere cobrar para ser autosostenible. Cada componente se actualiza periódicamente según el IPC, el precio de los combustibles y el salario mínimo.
CAPEX *(Capital Expenditure — Inversión en Activos)*	**Categoría:** *Costos e inversión* Desembolso destinado a adquirir activos físicos de largo plazo necesarios para iniciar o mantener la operación. En el SETP de Ibagué, el CAPEX principal corresponde a la compra de vehículos (buses y

	busetas), la construcción de patios y talleres, y la instalación del equipamiento tecnológico de recaudo y control de flota. El CAPEX se recupera a lo largo de la operación mediante la remuneración incluida en la tarifa técnica. La actualización de los precios de adquisición vehicular es uno de los puntos críticos del diagnóstico, dado que los valores del modelo corresponden al año 2018.
Circularidad (referencia circular)	**Categoría:** *Integridad del modelo financiero* Situación en un modelo de cálculo donde el resultado de una celda depende, directa o indirectamente, de su propio valor. Excel puede resolver referencias circulares por aproximación iterativa, pero los resultados pueden variar según la configuración de cada computador, sin ninguna advertencia para el usuario. En el modelo SIGMA 2018, la circularidad se da entre los módulos del Operador Eléctrico, la hoja de DEUDA, el MODELO SISTEMA y CONTROL Y RESULTADOS, lo que significa que dos analistas pueden obtener resultados distintos del mismo archivo dependiendo de su configuración de Excel.
Cofinanciación	**Categoría:** *Financiamiento público / Política de transporte* Recursos públicos provenientes del Gobierno Nacional y/o del Municipio de Ibagué, destinados a cubrir la diferencia entre lo que los pasajeros pagan y el costo real de operar el sistema. Esta diferencia es estructural en los SETP colombianos porque la tarifa socialmente aceptable suele estar por debajo del costo real de un sistema moderno, seguro y de calidad. El modelo proyecta los requerimientos anuales de cofinanciación como indicador clave de la carga fiscal que el sistema impone sobre las finanzas públicas a lo largo del horizonte de evaluación.
Constante embebida / Valor fijo incrustado *(hardcoded value)*	**Categoría:** *Calidad del modelo / Estándar FAST* Número escrito directamente dentro de una fórmula de cálculo, sin estar definido en una celda de supuestos separada, identificada y documentada. Por ejemplo, escribir =A5*1.19 en lugar de =A5*TasaIVA, donde TasaIVA es una celda etiquetada con su fuente y fecha. Las constantes embebidas son problemáticas porque impiden identificar su origen y actualizarlas de manera controlada; cualquier cambio requeriría buscar y editar manualmente cada fórmula afectada. El modelo SIGMA 2018 tiene aproximadamente 1.378 constantes embebidas en una sola hoja, su principal debilidad de transparencia.
D	
Dashboard	**Categoría:** *Modelación financiera* Hoja o panel central de un modelo financiero que presenta de forma consolidada los indicadores más relevantes —TIR, VPN, déficit del sistema, demanda— y permite al usuario seleccionar escenarios o

	ajustar supuestos clave sin necesidad de navegar por las hojas de cálculo detalladas. En el modelo SIGMA 2018, la hoja CONTROL Y RESULTADOS actúa como dashboard, pero mezcla entradas de sensibilidad, selectores de escenarios, resultados por agente y gráficas en una sola pestaña, lo que viola el principio de función única del estándar FAST.
DNP — Departamento Nacional de Planeación	**Categoría:** *Entidades y actores institucionales* Entidad del Gobierno Nacional colombiano responsable de la planeación estratégica, la definición de políticas públicas y la evaluación de proyectos de inversión. En el contexto del SETP de Ibagué, el DNP participó en la revisión y aprobación de las versiones del modelo financiero SIGMA 2018 junto con FINDETER y el Ministerio de Transporte. Sus observaciones sobre las versiones V0 y V1 del modelo dieron origen a los ajustes incorporados en las versiones V2 y V3.
DSCR — Índice de Cobertura del Servicio de la Deuda *(Debt Service Coverage Ratio)*	**Categoría:** *Indicadores financieros* Indicador que mide la capacidad de un proyecto para pagar sus obligaciones de deuda —capital más intereses— con los flujos de caja que genera en cada período. Se calcula dividiendo el flujo de caja disponible para el servicio de la deuda entre las cuotas anuales de pago. Un DSCR de 1,0× significa que el proyecto genera exactamente lo necesario para pagar, sin margen. Los financiadores institucionales suelen exigir un DSCR mínimo de 1,10× a 1,25×. En el modelo SIGMA 2018, el DSCR del Operador Convencional es de 1,04×, en el límite inferior aceptable y señal de estrés financiero potencial.
DTF — Depósito a Término Fijo	**Categoría:** *Variables macroeconómicas* Tasa de interés de referencia del mercado financiero colombiano, calculada semanalmente por el Banco de la República como el promedio ponderado de las tasas que pagan los bancos por depósitos a plazo de 90 días. Ha sido la base histórica para calcular tasas de crédito comercial (por ejemplo, DTF + 4%). El modelo SIGMA 2018 asumió una DTF base del 5,15%, equivalente a las condiciones de 2018-2019. La DTF actual (2024-2025) oscila entre 9,0% y 9,5% E.A., casi el doble del supuesto original, incrementando significativamente el costo de la deuda de los operadores y deteriorando los indicadores financieros del sistema.
E	
EBITDA *(Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation & Amortization)*	**Categoría:** *Indicadores financieros* Resultado operacional antes de descontar intereses financieros, impuestos, depreciación de activos y amortizaciones de deuda. Representa la capacidad del negocio de generar recursos con su

	operación propia, independientemente de cómo esté financiado. En el contexto del SETP, el EBITDA del operador indica si la operación de los buses genera suficiente excedente para cubrir el servicio de la deuda y retornar al inversionista. El margen operacional del Operador Convencional en el modelo SIGMA 2018 es del 14,1%, es decir, de cada $100 que ingresan, $14,1 quedan disponibles para cubrir intereses, impuestos y demás compromisos.
Error Activo	**Categoría:** *Modelación financiera* Falla directa y detectable en lógica. Los cuales pueden ser: 1) Por integridad mecánica, 2) Por lógica financiera, 3) De referencia y Datos
Equity / Capital propio	**Categoría:** *Deuda y financiamiento* Recursos aportados directamente por los dueños o inversionistas del proyecto, en contraposición a los obtenidos mediante crédito bancario. En la estructura financiera del Operador Convencional del SETP de Ibagué, el modelo proyecta una relación 70% deuda / 30% equity: por cada $100 invertidos, $70 provienen de crédito y $30 del bolsillo de los operadores. El equity asume mayor riesgo que la deuda —los acreedores tienen prioridad de cobro— pero el retorno esperado también es mayor, medido por la TIR del accionista. Con el tiempo, a medida que la deuda se amortiza, la participación del equity aumenta progresivamente.
Escenario	**Categoría:** *Modelación financiera* Combinación de supuestos alternativos que se simulan en el modelo para evaluar cómo cambian los resultados financieros ante diferentes condiciones de operación, economía o política pública. En el modelo SIGMA 2018, el Escenario 1 contempla 608 vehículos y 225.711 pasajeros/día; el Escenario 2, 648 vehículos y 212.985 pasajeros/día. Adicionalmente, existe un interruptor (switch) para activar o desactivar el componente de flota eléctrica y la posibilidad de variar los porcentajes de flota en cuanto a uso de aire acondicionado, numero de conductores por bus, entre otros. Los escenarios permiten al Ente Gestor comparar el impacto de decisiones estratégicas sobre el déficit del sistema y los requerimientos de cofinanciación.
Estándar FAST *(Flexible, Appropriate, Structured, Transparent)*	**Categoría:** *Calidad del modelo financiero* Metodología internacional de buenas prácticas para la construcción y auditoría de modelos financieros en Excel. Sus cuatro principios son: Flexible (permite cambiar supuestos y horizontes sin romper la estructura), Appropriate (el nivel de detalle es proporcional a la importancia del componente), Structured (el flujo de información es estrictamente unidireccional: Entradas → Cálculos → Salidas, sin circularidades), y Transparent (cada supuesto está en una celda identificada con fuente y fecha, verificable por cualquier revisor

	independiente). El modelo SIGMA 2018 cumple únicamente el 19% de los criterios evaluados bajo este estándar.
EEFF — Estados Financieros Proyectados *(Estado de Flujos y Resultados Financieros)*	**Categoría:** *Estados financieros* Conjunto de documentos que resumen los ingresos, costos, gastos, impuestos, flujos de caja y resultado neto de un agente a lo largo del horizonte de evaluación. En el modelo SIGMA 2018, cada agente tiene sus propios EEFF en hojas independientes (FLUJO Y EEFF CONVENIOS, FLUJO Y EEFF TECNOLOG, etc.), que consolidan la remuneración recibida, los costos operativos, la depreciación, los intereses de deuda y el resultado final por período. Los EEFF son la fuente de los indicadores TIR y VPN que aparecen en el dashboard y soportan las decisiones de política pública y financiamiento.
F	
Factor prestacional	**Categoría:** *Costos laborales* Múltiplo que se aplica sobre el salario básico de un empleado para calcular el costo total de nómina, incluyendo prestaciones sociales obligatorias (prima, cesantías, intereses sobre cesantías, vacaciones, dotación) y aportes parafiscales y de seguridad social (salud, pensión, ARL, Caja de Compensación). El factor prestacional típico en Colombia oscila entre 1,45 y 1,60 veces el salario básico. En el modelo SIGMA 2018 se compone de 14 subcomponentes y es un insumo crítico para calcular el costo de nómina de conductores y personal operativo. Con los aumentos salariales entre 2022 y 2026, su impacto sobre la canasta de costos se ha incrementado sustancialmente.
FCL — Flujo de Caja Libre	**Categoría:** *Indicadores financieros* Recursos disponibles que genera un proyecto después de cubrir sus costos operativos, impuestos e inversiones (CAPEX), antes de pagar el servicio de la deuda y distribuir utilidades. Es el indicador central para evaluar la viabilidad de una concesión porque muestra si la operación genera suficiente efectivo para honrar las obligaciones financieras. Un FCL negativo sostenido indica que el proyecto requiere aportes externos para mantenerse. En el modelo SIGMA 2018, el FCL del Operador Convencional presenta cuatro cambios de signo a lo largo del horizonte, lo que invalida el uso de la TIR convencional y exige la TIR Modificada (TIRM).
Fiduciaria	**Categoría:** *Estructura de agentes del SETP* Entidad financiera —generalmente una sociedad fiduciaria vigilada por la Superintendencia Financiera— que administra los recursos del sistema conforme al contrato de fiducia. En el SETP de Ibagué, la fiduciaria recibe el recaudo centralizado de tiquetes, distribuye los recursos a cada agente según el orden de prelación contractual, y

	reporta mensualmente al Ente Gestor. Su participación garantiza que los ingresos del sistema se distribuyen de manera transparente y verificable, sin que ningún agente tenga acceso directo al efectivo del recaudo.
FINDETER — Financiera de Desarrollo Territorial	**Categoría:** *Entidades y actores institucionales* Entidad financiera del Estado colombiano, vinculada al Ministerio de Hacienda, que financia y apoya técnicamente proyectos de desarrollo territorial, infraestructura y servicios públicos en ciudades intermedias. En el caso del SETP de Ibagué, FINDETER actuó como estructurador técnico bajo el Contrato No. 02 de 2018, dentro del cual SIGMA Gestión de Proyectos S.A.S. elaboró el modelo financiero objeto del presente diagnóstico. Las versiones V1, V2 y V3 del modelo incorporaron las observaciones emitidas por FINDETER durante el proceso de revisión.
G	
GNV / GNVC — Gas Natural Vehicular Comprimido	**Categoría:** *Tecnología vehicular* Combustible alternativo al diésel, consistente en gas natural comprimido almacenado a alta presión en cilindros a bordo del vehículo. Emite menos partículas contaminantes y CO_2 que el diésel y ha representado históricamente un menor costo por kilómetro. En el modelo SIGMA 2018, la flota renovada del Operador Convencional está proyectada en tecnología GNVC a partir de 2026. El diagnóstico advierte que el precio del GNVC ha aumentado un 117% respecto al supuesto del modelo (de $1.534 a aproximadamente $3.326 por equivalente), lo que afecta significativamente la ventaja comparativa del gas frente al diésel.
H	
Hallazgo	**Categoría:** *Diagnóstico técnico / Auditoría de modelos* Debilidad, inconsistencia o incumplimiento técnico identificado durante el diagnóstico de un modelo financiero. Se clasifican por criticidad: alta (compromete la validez de los resultados), media (afecta coherencia o actualidad sin invalidar todo el modelo) y baja (deficiencias documentales que reducen auditabilidad). El diagnóstico del modelo SIGMA 2018 identificó 14 hallazgos: 6 de criticidad alta, 5 media y 3 baja.
Horizonte de evaluación	**Categoría:** *Modelación financiera* Período de tiempo durante el cual se proyectan los flujos financieros del modelo. Debe capturar el ciclo completo de la inversión: recuperación del CAPEX, pago de la deuda y generación de excedentes. En el modelo SIGMA 2018, el horizonte general es de 32 años (2018-2050). Sin embargo, el modelo presenta inconsistencias: el contrato del Operador Convencional es de 30 años (2024-2053), pero solo se

	proyectan 27 años de flujos (2024-2050), y el Operador Tecnológico se evalúa únicamente sobre 12 años, haciendo que los indicadores de los distintos agentes no sean comparables entre sí.
I	
ICA — Impuesto de Industria y Comercio	**Categoría:** *Tributario* Gravamen municipal que recae sobre el ejercicio de actividades comerciales o de servicios dentro de la jurisdicción de un municipio colombiano. Para las empresas de transporte público, se aplica sobre los ingresos brutos derivados de la actividad. En el modelo SIGMA 2018, el ICA de Ibagué está registrado en la hoja de supuestos macroeconómicos pero sin un valor numérico definido, lo que constituye uno de los vacíos identificados en el diagnóstico y puede subestimar los costos fiscales del operador.
IPC — Índice de Precios al Consumidor	**Categoría:** *Variables macroeconómicas* Indicador del DANE que mide la variación porcentual en el precio promedio de una canasta representativa de bienes y servicios de los hogares colombianos. Es el indicador oficial de inflación. En los modelos de transporte, el IPC se usa para proyectar el crecimiento de los costos operativos y para actualizar la tarifa al usuario. El modelo SIGMA 2018 asumió una inflación objetivo del 3% anual; la realidad de 2022-2025 mostró un IPC que llegó al 13,1% en 2022 y se ha mantenido por encima del 5%, deteriorando la relación entre ingresos y costos del sistema respecto a lo proyectado.
IPK — Índice de Pasajeros por Kilómetro	**Categoría:** *Indicadores operativos de transporte* Relación entre el número de pasajeros transportados y los kilómetros totales recorridos por la flota en un período. Un IPK alto indica que los vehículos operan con alta ocupación, mejorando los ingresos por kilómetro y reduciendo el costo por pasajero. En el modelo SIGMA 2018, errores tipo #DIV/0! aparecen en los cálculos de IPK cuando los kilómetros de una tipología específica son cero —lo que ocurre al activar el escenario eléctrico sobre un módulo de tarifa técnica que no está preparado para recibirlo—. Es una variable de referencia para comparar la eficiencia del SETP con sistemas similares en otras ciudades colombianas.
M	
Modelo financiero	**Categoría:** *Instrumento de planeación y decisión* Herramienta cuantitativa —generalmente construida en Excel— que representa matemáticamente los flujos económicos de un proyecto a lo largo del tiempo, integrando supuestos operativos, variables macroeconómicas, estructura de costos, fuentes de ingreso y esquema

	de financiamiento. En el SETP de Ibagué, el modelo financiero es el instrumento central para determinar la tarifa técnica de equilibrio, los requerimientos de cofinanciación y la viabilidad de los contratos de concesión. Un modelo robusto debe ser transparente, auditable, actualizable y capaz de simular múltiples escenarios de forma confiable.
Multiplicador de cierre	**Categoría:** *Calidad del modelo / Integridad* Factor de ajuste aplicado a la tarifa de remuneración del operador en la hoja CONTROL Y RESULTADOS, con el propósito de calibrar el modelo al año base de referencia 2018. En el modelo SIGMA 2018 toma valores de 0,82 para buses nuevos con aire acondicionado y 0,79 para otras tipologías, afectando directamente los ingresos del operador. El diagnóstico señala que el origen, la metodología de cálculo y la justificación técnica de este factor no están documentados en ninguna parte del modelo ni en su instructivo, lo que constituye una violación directa del principio de transparencia del estándar FAST.
N	
Named range / Rango nombrado	**Categoría:** *Modelación financiera / Excel* Etiqueta descriptiva asignada a una celda o grupo de celdas en Excel, que permite referenciarlas en fórmulas usando un nombre comprensible en lugar de una dirección de celda (como B23 o F66:F100). Por ejemplo, escribir =Pasajeros_dia*WACC en lugar de =F91*B23 hace las fórmulas más legibles y reduce errores. En el modelo SIGMA 2018, dos rangos nombrados apuntan a un archivo externo no incluido en el entregable (FINANCIAL MODEL v30.xlsx), generando dependencias ocultas que comprometen la autonomía y auditabilidad del modelo.
O	
OPEX *(Operational Expenditure — Gasto Operativo)*	**Categoría:** *Costos e inversión* Gastos recurrentes necesarios para mantener la operación cotidiana del sistema: combustible o energía, mantenimiento, salarios del personal operativo y administrativo, seguros, impuestos vehiculares y costos de recaudo. El OPEX determina el costo por kilómetro y por pasajero. Entre 2018 y 2026, los componentes de mayor crecimiento han sido la nómina operativa (+124% por incrementos del salario mínimo) y el precio del GNVC (+117%), presionando la tarifa técnica de equilibrio muy por encima de lo proyectado en el modelo original.
P	
Período de gracia	**Categoría:** *Deuda y financiamiento* Lapso inicial de un crédito durante el cual el prestatario paga únicamente los intereses, sin realizar abonos al capital principal.

	Permite al proyecto acumular ingresos operativos antes de asumir el pago completo de la deuda, aliviando la presión de flujo de caja en los primeros años de operación, cuando el sistema aún está en fase de arranque. En el modelo SIGMA 2018, el Operador Convencional tiene un plazo de deuda de 9 años que incluye 1 año de gracia. Durante ese primer año, el saldo de deuda se mantiene intacto y los intereses se calculan sobre el monto total.
Puntos básicos (pb)	**Categoría:** *Variables macroeconómicas / Terminología financiera* Unidad de medida utilizada en finanzas para expresar variaciones en tasas de interés. Un punto básico equivale a 0,01 puntos porcentuales. Por ejemplo, si la tasa pasa del 5,15% al 9,0%, la variación es de 385 puntos básicos (pb). Esta unidad permite hablar de cambios en tasas con precisión y sin ambigüedad sobre si se trata de variaciones absolutas o relativas. En el diagnóstico, la DTF ha aumentado 390 pb respecto al supuesto base del modelo, implicando un incremento significativo en el costo de financiamiento de los operadores.
R	
Recaudo centralizado	**Categoría:** *Sistema tecnológico / Operación del SETP* Mecanismo por el cual todos los pagos de tiquetes del sistema se recolectan en un fondo único administrado por la Fiduciaria, en lugar de ser cobrados y retenidos directamente por cada operador. El recaudo centralizado garantiza que los recursos se distribuyan entre los agentes según la prelación contractual, reduce riesgos de malversación, mejora la transparencia y permite calcular con precisión los ingresos totales del sistema para contrastarlos con la Tarifa Técnica de Referencia.
Referencia bidireccional	**Categoría:** *Integridad del modelo financiero* Situación en la que la hoja A del modelo depende de valores de la hoja B, y al mismo tiempo la hoja B depende de valores de la hoja A. Este flujo en doble sentido crea circularidades que dificultan la auditoría porque no existe un orden lógico único para calcular el modelo. El estándar FAST exige flujo estrictamente unidireccional. El diagnóstico del modelo SIGMA 2018 identificó 22 pares de referencias bidireccionales, siendo los de mayor impacto los que involucran CONTROL Y RESULTADOS, MODELO SISTEMA y los módulos de FLUJO Y EEFF.
Resolución 4350 de 1998	**Categoría:** *Marco regulatorio* Norma del Ministerio de Transporte de Colombia que establece la metodología oficial para calcular la Tarifa Técnica del transporte público colectivo. Define la estructura de la canasta de costos, las ponderaciones de sus componentes y el procedimiento para trasladar esos costos a una tarifa por pasajero. El modelo SIGMA 2018 fue

	construido siguiendo esta metodología, y la hoja PROY. TT R.4350 — con 15.878 fórmulas— es la más extensa del modelo, íntegramente dedicada al cálculo de la tarifa técnica conforme a esta resolución.
RUNT — Registro Único Nacional de Tránsito	**Categoría:** *Entidades de referencia* Sistema de información oficial colombiano que centraliza los datos de todos los vehículos registrados en el país: propietarios, características técnicas, multas, impuestos, seguros y precios de referencia. Para el diagnóstico del modelo financiero, el RUNT es una de las fuentes recomendadas para actualizar los precios de adquisición vehicular, dado que los valores del modelo corresponden a 2018 y los precios actuales difieren significativamente.
S	
SAIP IKON 2025	**Categoría:** *Fuentes de información operativa* Modelo operacional actualizado del SETP de Ibagué, elaborado en 2025, que contiene los datos más recientes sobre demanda de pasajeros, kilómetros recorridos, rutas, frecuencias y composición de flota. El diagnóstico del modelo SIGMA 2018 concluye que las variables de demanda y oferta deben actualizarse con los datos del SAIP IKON 2025, dado que los supuestos del modelo original tienen una base de 2018 y no reflejan los cambios en los patrones de movilidad de Ibagué ocurridos en los últimos 7 años.
SETP — Sistema Estratégico de Transporte Público	**Categoría:** *Sistema de transporte / Política pública* Esquema de transporte público urbano del Gobierno Nacional colombiano para modernizar el transporte colectivo en ciudades intermedias (entre 250.000 y 600.000 habitantes). A diferencia de los sistemas integrados masivos como Transmilenio, los SETP no requieren carriles exclusivos, sino que buscan formalizar y modernizar los operadores existentes mediante recaudo unificado, flota renovada y gestión centralizada. El SETP de Ibagué, denominado Transmusical, es administrado por SETP Ibagué S.A.S. (NIT 901287299-5).
SGCF / SITREC — Sistema de Gestión y Control de Flota / Sistema de Información al Usuario	**Categoría:** *Sistema tecnológico del SETP* Componentes del sistema tecnológico operado por el Concesionario Tecnológico. El SGCF gestiona en tiempo real la operación de los vehículos: rastreo GPS, control de despachos, monitoreo de frecuencias y cumplimiento de rutas. El SITREC suministra información de llegada de buses y estado del servicio a los pasajeros. Ambos sistemas se financian con la remuneración del Operador Tecnológico, compuesta por un pago fijo mensual de $302 millones y un pago variable de $51,63 por pasajero transportado.

SIERROR	**Categoría:** *Modelación financiera / Excel* Función de Excel que intercepta errores de cálculo (#DIV/0!, #REF!, #NUM! y otros) y los reemplaza por un valor definido por el usuario —cero, N/A o un guión— en lugar de mostrar el error. Es una buena práctica de modelación incluirla en fórmulas que puedan generar errores cuando un módulo está desactivado. En el modelo SIGMA 2018, el Operador Eléctrico genera errores #NUM! y #DIV/0! porque la flota fue establecida en cero vehículos sin usar SIERROR para gestionar esa condición, generando confusión en la lectura del dashboard.
Switch — Interruptor de escenario	**Categoría:** *Modelación financiera* Celda del modelo cuyo valor (0 o 1) activa o desactiva un módulo completo sin modificar las fórmulas. En el modelo SIGMA 2018, la celda C10 es el switch del escenario eléctrico: en cero, los agentes eléctricos están desactivados; en uno, se incorporan 21 buses eléctricos a partir de 2030. El uso de switches facilita la evaluación de escenarios, pero requiere que todos los módulos dependientes manejen correctamente la condición de inactividad —generalmente mediante SIERROR— para evitar errores visibles en el dashboard.
T	
Tarifa al usuario (TU)	**Categoría:** *Tarifa y política tarifaria* Precio que paga el pasajero cada vez que usa el sistema de transporte. La TU es fijada por el Ente Gestor con criterios de accesibilidad social y es, por diseño, inferior a la Tarifa Técnica de Referencia. En el modelo SIGMA 2018 se proyectó que la TU pasaría de $2.000 en 2020 a $2.500 en 2024, con incrementos de $100 por año. La realidad de 2026 muestra que Ibagué fijó su tarifa en $3.300, un 32% por encima de la proyección del modelo.
Tarifa Técnica (TT) / Tarifa Técnica de Referencia (TTRef)	**Categoría:** *Tarifa y sostenibilidad financiera* Costo real por pasajero necesario para que el sistema sea financieramente autosostenible. Se calcula sumando las remuneraciones de todos los agentes del sistema y dividiendo el resultado entre el número de pasajeros del período. Es el referente técnico para determinar cuánto deben aportar el Municipio y la Nación en cofinanciación. En el modelo SIGMA 2018, la brecha máxima entre la TTRef y la TU es de aproximadamente $500 por pasaje en 2029, asociada principalmente al incremento del CAPEX por el costo del aire acondicionado en los vehículos nuevos.
TIR — Tasa Interna de Retorno	**Categoría:** *Indicadores financieros* Tasa de descuento que hace que el Valor Presente Neto de los flujos futuros de un proyecto sea igual a cero; en otras palabras, la tasa a la

	que los ingresos futuros —traídos a valor de hoy— equivalen exactamente a la inversión inicial. Se compara con el costo de capital: si la TIR lo supera, el proyecto es viable para el inversionista. La TIR convencional solo es matemáticamente confiable cuando los flujos de caja cambian de signo una sola vez. Cuando hay múltiples cambios de signo —como ocurre con el Operador Convencional en el modelo SIGMA 2018— puede haber varias TIR válidas simultáneamente, y el valor que reporta Excel puede ser engañoso. En ese caso debe usarse la TIRM.
TIRM / MIRR — Tasa Interna de Retorno Modificada *(Modified Internal Rate of Return)*	**Categoría:** *Indicadores financieros* Variante de la TIR que corrige el problema de los flujos no convencionales (con múltiples cambios de signo) al definir explícitamente dos tasas: la tasa de financiamiento para los flujos negativos y la tasa de reinversión para los flujos positivos. Al incorporar supuestos explícitos, la TIRM siempre produce un único resultado confiable. En el modelo SIGMA 2018, la TIRM no fue calculada para el Operador Convencional pese a que su FCL presenta cuatro cambios de signo, lo que constituye uno de los hallazgos de criticidad media del diagnóstico.
TPC — Transporte Público Colectivo	**Categoría:** *Sistema de transporte* Modalidad de transporte urbano tradicional operada por vehículos de diferentes capacidades —microbuses, busetas y buses— que circulan por rutas fijas con paradas preestablecidas, sin recaudo centralizado ni gestión integrada. El TPC es el sistema que el SETP de Ibagué busca reemplazar y modernizar. Los vehículos del TPC existente (busetas de 28 pax y buses de 32 pax) conforman la flota de arranque del SETP en 2024, mientras que los buses nuevos GNVC de 40 pasajeros los reemplazan gradualmente hasta 2044.
TRM — Tasa Representativa del Mercado	**Categoría:** *Variables macroeconómicas* Tipo de cambio oficial del peso colombiano frente al dólar estadounidense, calculado diariamente por la Superintendencia Financiera. Es relevante para los componentes del modelo financiero del SETP que tienen precios en dólares, principalmente la adquisición de buses eléctricos —cuyos precios están denominados en USD— y los equipos tecnológicos importados. Las variaciones de la TRM entre 2018 y 2026 son uno de los factores que hacen necesaria la actualización del CAPEX vehicular en el nuevo modelo.
Trazabilidad	**Categoría:** *Calidad del modelo / Estándar FAST* Capacidad de seguir el camino de un dato —desde su fuente original hasta su aparición en los resultados— pasando por todas las fórmulas y hojas intermedias. Un modelo con alta trazabilidad permite que cualquier revisor externo, sin conocimiento previo del instrumento,

	verifique de dónde proviene cada supuesto y cómo afecta los resultados. La falta de trazabilidad es la debilidad más crítica del modelo SIGMA 2018: 1.378 constantes embebidas, ninguna celda de input con fuente documentada, y 22 referencias bidireccionales que hacen el flujo inauditable.
V	
Valor presente / Pesos constantes	**Categoría:** *Evaluación financiera* Técnica que transforma flujos de dinero futuros a su equivalente en valor de hoy, aplicando una tasa de descuento que refleja el costo del tiempo y del riesgo. Decir que un proyecto generará $100 millones en diez años no es lo mismo que tenerlos hoy: su valor presente es menor. Los modelos financieros de largo plazo deben trabajar en pesos constantes —eliminando el efecto de la inflación— o descontar los flujos nominales a una tasa que incluya la inflación esperada. El modelo SIGMA 2018 usa pesos constantes de 2018, lo que facilita la comparabilidad entre períodos pero exige que las tasas de descuento también sean reales (netas de inflación).
VPN — Valor Presente Neto	**Categoría:** *Indicadores financieros* Suma de todos los flujos de caja futuros de un proyecto, descontados al costo de capital (WACC), menos la inversión inicial. Un VPN positivo indica que el proyecto genera más valor del que cuesta financiarlo. A diferencia de la TIR, el VPN no tiene problemas matemáticos con flujos no convencionales y siempre produce un resultado único y confiable. En el modelo SIGMA 2018, el VPN del Operador Convencional es de $1.038 millones de pesos de 2018 y el del Operador Tecnológico de $1.554 millones, aunque deben interpretarse con las advertencias sobre horizontes de evaluación no alineados entre agentes.
Vínculos externos huérfanos	**Categoría:** *Integridad del modelo financiero* Referencias en un archivo de Excel que apuntan a un archivo externo que no está disponible ni forma parte del entregable oficial del modelo. Aunque no alteran los resultados en el estado actual, generan advertencias al abrir el archivo, crean dependencias ocultas y dificultan la auditoría. En el modelo SIGMA 2018, dos rangos nombrados apuntan al archivo externo FINANCIAL MODEL v30.xlsx, que no fue incluido en el entregable oficial, generando incertidumbre ante cualquier revisor sobre si el modelo opera de forma completamente autónoma.
W	
WACC — Costo Promedio Ponderado de Capital	**Categoría:** *Indicadores financieros / Evaluación de proyectos* Tasa de descuento que representa el costo promedio de financiar un proyecto, ponderado entre el costo de la deuda bancaria (intereses

(Weighted Average Cost of Capital)	netos de impuestos) y el costo del capital propio (retorno mínimo exigido por los inversionistas), en proporción a la participación de cada fuente. Es la tasa mínima que el proyecto debe rendir para satisfacer tanto a los acreedores como a los accionistas. En el modelo SIGMA 2018, el WACC del componente eléctrico está fijado en 13% E.A., pero el WACC del Operador Convencional no existe como parámetro centralizado —hallazgo de criticidad alta—, lo que impide calcular correctamente el VPN del proyecto de transporte convencional.
Z	
Zona residual	**Categoría:** *Calidad del modelo financiero* Área de una hoja de cálculo que contiene celdas con errores o fórmulas obsoletas de versiones anteriores del modelo, que ya no participan en ningún cálculo activo pero permanecen visibles. Son problemáticas porque quien revisa el modelo no puede distinguir fácilmente si un error es residual (sin consecuencias) o si refleja un problema real. En el modelo SIGMA 2018, las 392 celdas con error #REF! en las hojas FLUJO Y EEFF son zonas residuales de la transición entre versiones V0 y V3: no afectan los resultados actuales pero generan desconfianza porque se ubican en las hojas donde se buscan los resultados del modelo.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL MODELO FINANCIERO

El Anexo 21 — Modelo Financiero con Instructivo-V3.xlsx fue estructurado siguiendo un esquema de cuatro capas funcionales que organiza las hojas de cálculo de acuerdo con su rol en el proceso de evaluación financiera. Esta arquitectura facilita el mantenimiento y la actualización del modelo, dado que cada capa tiene una función claramente delimitada: las capas inferiores proveen insumos a las superiores y la capa de resultados concentra los indicadores para la toma de decisiones.

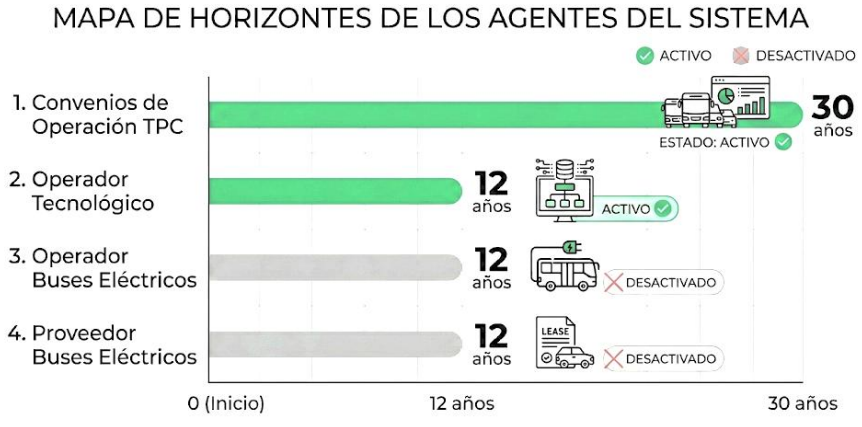
Propósito	Evaluación financiera del Sistema Estratégico de Transporte Público (SETP) de Ibagué y sus agentes, con horizonte de hasta 30 años.
Estructura	30 hojas organizadas en 6 capas funcionales con 4 agentes principales.

Tabla 1. Arquitectura por agente

Agente del Sistema	Descripción	Estado	Plazo Eval.
1. Convenios de Operación TPC	Operador de transporte convencional (microbuses, busetas, buses diésel/GNVC)	ACTIVO	30 años
2. Operador Tecnológico	Sistema de recaudo, gestión y control de flota, información al usuario	ACTIVO	12 años
3. Operador Buses Eléctricos	Operación de vehículos eléctricos (opcional)	DESACTIVADO	12 años
4. Proveedor Buses Eléctricos	Provisión (leasing) de vehículos eléctricos (opcional)	DESACTIVADO	12 años

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

Ilustración 1. Horizonte



Elaboración propia

La arquitectura en seis capas garantiza la separación de roles entre los insumos del modelo (supuestos y parámetros), el motor de cálculo y los resultados financieros, permitiendo que cualquier

cambio en los supuestos se propague automáticamente a todos los estados financieros. A continuación, se describe el contenido de cada capa:

Tabla 2. Arquitectura por capas

Capa	Hoja	Tipo	Función
CAPA 1 Control e Instalación	CONTROL Y RESULTADOS	CONTROL	Panel maestro: escenarios, sensibilidades, multiplicadores de cierre, resultados por agente
	ESC TPTE	INPUT	Escenarios de demanda y oferta de transporte (pasajeros, flota)
	PROY. MACRO Y VAR. COSTOS	INPUT	Supuestos macroeconómicos: IPC, salarios, TRM, variación de costos
	CURVAS MNTO	INPUT	Curvas de mantenimiento vehicular por tipología
CAPA 2 Inputs de Costos	RECAUDO-SFCF-IS	INPUT	Costos del sistema de recaudo, gestión de flota e información al usuario
	INFRAESTRUCTURA	INPUT	Costos de infraestructura (patios, estaciones, paraderos)
	CANASTA DE COSTOS TIPOLOGIAS	INPUT	Costos de capital y operación por tipo de vehículo (diésel, GNVC, eléctrico)
	NOMINA ADMIN CONV / GESTOR	INPUT	Nómina administrativa del operador de convenio y costos del Ente Gestor
CAPA 3 Motor de Cálculo	MODELO SISTEMA-SETP IBAGUE	PROCESO	MOTOR CENTRAL: demanda, oferta, tarifas, ingresos/egresos y equilibrio del sistema
	REPOSICION FLOTA TPC 2018-2024	PROCESO	Inventario y reposición de la flota actual del TPC
	CONTROL FLOTA TPC-CONV. SETP	PROCESO	Cronograma de salida/entrada de vehículos por año
	PROY. TT R. 4350 Y COSTOS OPER	PROCESO	Proyección de la tarifa técnica y costos operativos por tipología (Res. 4350/1998)
	FLUJO COFINANCIACIÓN / TRICIMOVILES / CALC FUENTES ALTERNATIVAS	PROCESO	Flujos de cofinanciación Nación, costos tricimóviles y fuentes alternativas de ingreso

Capa	Hoja	Tipo	Función
CAPA 4 Estados Financieros	FLUJO Y EEFF CONVENIOS / DEUDA CONVENIOS	EEFF	Balance, P&G, Flujo de Caja y FC Accionista — Convenios TPC
	FLUJO Y EEFF TECNOLOG / DEUDA OP TECNOLOG	EEFF	Balance, P&G, Flujo de Caja y FC Accionista — Operador Tecnológico
	FLUJO Y EEFF OPERADOR ELECTRIC / DEUDA OP ELECT	EEFF	Balance, P&G, Flujo de Caja y FC Accionista — Operador Eléctrico
	FLUJO Y EEFF PROVEEDOR ELECTRIC / DEUDA PF ELECT	EEFF	Balance, P&G, Flujo de Caja y FC Accionista — Proveedor Eléctrico
	AUX DEPRECIACION CONVENIOS	AUXILIAR	Cálculo auxiliar de depreciación para los convenios TPC
CAPA 5 Consolidación	MODELO SISTEMA-SETP IBAGUE	AUXILIAR	Integración de TT, TU, demanda, oferta y cálculo de superávit o déficit del sistema.
CAPA 6 Dashboard	CONTROL Y RESULTADOS – INSTRUCTIVO - INDICA	AUXILIAR	Selección de escenarios, lectura de resultados consolidades y gráficas de output.

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

A continuación, se describe la estructura y lógica de la modelación financiera del SETP Ibagué, identificando los agentes del sistema, la lógica de costos e ingresos, los supuestos operacionales del escenario base y los resultados financieros obtenidos.

4.1 Descripción del Sistema y Agentes Modelados

Ilustración 2. Estructura Sistema de Transporte SETP Ibagué



Fuente: Elaboración Propia

El modelo financiero proyecta la operación del sistema a través de cinco (5) agentes con flujos financieros independientes:

Tabla 3. Agentes modelados

Agente	Rol en el Sistema	Esquema de Financiamiento
Concesionario Convencional (×2)	Operación de flota TPC total. Remuneración por vehículo, km recorrido y pasajero transportado. Figura de convenio de colaboración con el Ente Gestor.	70% deuda / 30% equity
Concesionario Eléctrico (opcional)	Asume inversiones en patios y talleres. Flota eléctrica de 40 pax. Quedó en 0 vehículos en el escenario modelado.	No activo en escenario base
Concesionario Tecnológico (Recaudo)	Sistema de recaudo, gestión y control de flota (SGCF) e información al usuario (SITREC). Modelado solo 12 años.	Concesión independiente

Agente	Rol en el Sistema	Esquema de Financiamiento
Ente Gestor	Coordinación, supervisión y planificación del sistema. Financiado con transferencias municipales y cofinanciación nacional.	Recursos públicos municipales
Fiduciaria	Administración de los flujos financieros del sistema, distribución de recursos entre agentes y supervisión del recaudo centralizado.	Comisión fiduciaria

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

La distribución de la flota y los patios entre los operadores es determinada por el Ente Gestor con base en el diseño operacional del sistema, buscando minimizar los kilómetros de operación en vacío. El modelo asume que los dos operadores convencionales tienen características financieras simétricas, consolidando su evaluación en un único flujo representativo de los dos convenios.

4.2 Supuestos Operacionales del Escenario Base

El escenario base del modelo (Escenario 1) adopta una serie de supuestos operacionales que determinan la demanda y oferta del sistema durante el horizonte de evaluación. Un aspecto metodológico relevante es que la demanda de pasajeros se mantiene constante a lo largo de todo el horizonte (2024–2050).

Tabla 4. Supuestos operacionales escenario base

Parámetro Operacional	Valor en el Modelo
Escenario seleccionado	ID=1 → Flota de 608 vehículos operativos
Escenario alternativo	ID=2 → Flota de 648 vehículos
Pasajeros/día (Escenario 1)	225.711 pax/día — constante durante todo el horizonte
Pasajeros/día (Escenario 2)	212.985 pax/día — también constante (menor que el Escenario 1)
Rutas totales	56 rutas (30 estructurantes + 26 alimentadoras)
Kilómetros totales	~129.000 km (similar en ambos escenarios)
Inicio de operación	2024 con 608 buses operativos + 49 de reserva = 657 total
Fin de proyecto (flota)	638 vehículos (30 de reserva al cierre del horizonte)
Km en vacío	5% (supuesto plano)
Porcentaje de reserva	8% (supuesto plano)

Parámetro Operacional	Valor en el Modelo
Horizonte de proyección	2024 – 2050 (convenio convencional)
Horizonte operador tecnológico	Solo hasta 2031 (12 años) — error de diseño

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

La diferencia en el número de pasajeros entre el Escenario 1 (225.711 pax/día) y el Escenario 2 (212.985 pax/día) indica que el Escenario 2 corresponde a una configuración con mayor flota y cobertura, pero con menor densidad de demanda por ruta. El escenario base (ID=1) maximiza los pasajeros por kilómetro, lo que resulta en mejores indicadores de eficiencia operativa y menores requerimientos de cofinanciación por pasajero.

4.3 Evolución de la Flota por Tipología

El modelo incorpora una evolución gradual de la composición tecnológica de la flota, que transita desde los vehículos convencionales del Transporte Público Colectivo (TPC) existente hacia una flota renovada con tecnología de gas natural vehicular comprimido (GNVC), alineada con los lineamientos de política de movilidad sostenible del nivel nacional (CONPES 3943 de 2018 – CONPES 4075 de 2022)

Tabla 5. Descripción flota por tipología

Tipología	Capacidad	Período	Observación
Buseta (TPC existente)	28 pax	Inicio 2024	Flota actual del TPC — primera tipología de arranque del sistema
Bus (TPC existente)	32 pax	Inicio 2024	Flota actual del TPC — segunda tipología de arranque del sistema
Bus Nuevo (Diésel Euro VI / GNVC)	40 pax	Desde 2026	Renovación gradual de la flota. Renovación total proyectada en 2044
Bus Eléctrico (opcional)	40 pax	No modelado	Quedó en 0 vehículos — escenario base es 100% GNV

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

4.4 Estructura de Costos. Canasta de Costos por Tipología

La evaluación financiera del operador convencional sigue la metodología de canasta de costos establecida en la Resolución 4350 de 1998 del Ministerio de Transporte referencia con título de resolución, que define la estructura de costos por kilómetro para el servicio de transporte público colectivo. Esta metodología calcula un costo total por kilómetro para cada tipología de vehículo, incorporando los componentes de capital (CAPEX), operación y administración.

Tabla 6. Canasta de costos

Componente de Costo	Descripción	Observación FAST
CAPEX – Valor vehículo	Precio de adquisición por tipología. Ingresado manualmente en la pestaña de costos.	Desactualizado — sin vínculo a supuestos
Combustible / Energía	Costo por km según tecnología (Diésel, GNV, Eléctrico)	Factor GNV vs Diésel (1,07) ingresado como valor plano
Mantenimiento	Costo mensual por vehículo ($2.000.000)	Sin celda de supuesto ni fuente documentada
Llantas	Costo por km (75,2 × 1,5 para buseta, ×1,10 para bus)	Ingresado como valor plano dentro de fórmula
Seguros	Costo por vehículo y período	Vinculado a supuestos de la canasta según Resolución 4350
Salarios y personal	Conductores y personal operativo por tipología	Incluido en canasta según Resolución 4350/1998
Administración	Costos de gestión y nómina administrativa del operador	Pestaña NOMINA ADMIN CONV

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

4.5 Estructura de Ingresos y Tarifa Técnica de Referencia (TTRef)

La Tarifa Técnica de Referencia (TTRef) es el resultado de sumar las remuneraciones de todos los agentes del sistema (operadores de transporte, operador tecnológico, ente gestor y fiduciaria) y dividir el total entre el número de pasajeros del sistema. Este indicador representa el valor que debe pagar cada pasajero para que el sistema sea financieramente autosostenible, sin necesidad de fuentes externas de financiamiento. La brecha tarifaria —diferencia entre la TTRef y la tarifa pagada por el usuario— constituye el déficit operacional estructural del sistema que debe ser cubierto con recursos de cofinanciación.

La brecha máxima proyectada de ~$500 por pasaje en 2029 está asociada principalmente al impacto del costo de aire acondicionado en los vehículos nuevos, que incrementa el componente de CAPEX y mantenimiento de la canasta. Esta brecha requiere que el municipio de Ibagué y la Nación garanticen fuentes alternativas y sostenibles de financiamiento para la operación del sistema. Entre las fuentes alternativas de ingreso identificadas en el modelo se encuentran:

Tabla 7. Estructura de ingresos

Fuente	Estimación
Tasa Ambiental (vehículos)	$160.000/vehículo/año + $50.000/moto/año
Recaudo tasa ambiental estimado	~$12.000 millones/año

Fuente	Estimación
Contribución estacionamientos en vía	Cobro basado en Ley 1753 de 2015 referencia — monto por definir en estudios complementarios

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

4.6 Estructura Financiera del Operador Convencional

La estructura de financiamiento del operador convencional combina recursos de deuda bancaria y capital propio en una proporción 70/30 al inicio de la operación. Esta estructura está sujeta a evolución en la medida en que la deuda se amortiza y la participación del equity aumenta progresivamente durante el horizonte de la concesión. Los parámetros financieros del modelo reflejan las condiciones de crédito típicas para este tipo de proyectos en el mercado financiero colombiano.

Tabla 8. Estructura financiera del operador

Parámetro Financiero	Valor
Inversión total (2 operadores, año 2024)	$126.339 millones de pesos de 2018
Costo de deuda	Rango 11% – 16,8% E.A.
Esquema inicial de deuda	70% deuda / 30% equity
Plazo de la deuda	9 años (incluye 1 año de gracia)
Tasa de deuda base	14% E.A.
TIR Proyecto (desapalancada)	12,5%
TIR Accionista (apalancada)	13,2%
Metodología de evaluación	Flujo de caja libre + canasta de costos (Resolución 4350/1998)

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

Un aspecto relevante es el Índice de Cobertura del Servicio de la Deuda (DSCR) de 1,04x, que se encuentra en el límite inferior aceptable para proyectos de infraestructura de transporte. Un DSCR inferior a 1,10x es señal de estrés financiero para la mayoría de los financiadores institucionales, lo que podría dificultar la obtención de crédito en condiciones favorables. Esta situación puede verse agravada si los supuestos operacionales se deterioran (menor demanda, mayor inflación de costos o demoras en la cofinanciación).

4.7 Resultados Financieros por Agente

La siguiente tabla consolida los indicadores financieros principales calculados por el modelo para los agentes activos en el escenario base.

Tabla 9. Resultados financieros por agente

Agente	TIR Proyecto	TIR Accionista	Horizonte	Observación
Operador Convencional	12,5%	13,22%	2024–2050	4 flujos negativos → se requiere TIRM
Operador Tecnológico	37,4%	34,8%	2024–2031 (12 años)	No comparable con convencional por distintos plazos
Operador Eléctrico	#NUM! / N/A	#DIV/0!	No aplica	Flota eléctrica = 0 vehículos

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

4.8 Resumen de Indicadores Financieros por Agente

La siguiente tabla presenta una síntesis comparativa de los principales indicadores financieros calculados por el modelo para los agentes activos en el escenario base. Los indicadores del operador eléctrico y del proveedor eléctrico no se incluyen dado que su flota fue establecida en cero vehículos en el escenario modelado.

Tabla 10. Indicadores financieros por agente

Indicador	Convenio Op. Transporte	Op. Tecnológico
TIR Proyecto	12,50%	37,40%
TIR Accionista	13,20%	34,80%
Margen Operacional	14,10%	8,70%
Margen Neto	6,40%	5,00%
VPN ($mill de 2018)	1.038	1.554
DSCR (Cobertura de Deuda)	1,04x	N/A (sin deuda)

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

5. ESTRUCTURA DEL DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS INICIAL DEL MODELO FINANCIERO EXISTENTE

5.1 Diagnóstico y estructuración del modelo SIGMA 2018.

La Etapa 1 comprende el diagnóstico técnico, financiero y normativo del modelo financiero previamente utilizado por el SETP de Ibagué, con el propósito de establecer una línea base del estado actual, evaluar su consistencia metodológica y definir los lineamientos para la construcción del nuevo modelo. Esta etapa se articula en cuatro subactividades que se desarrollan a continuación.

5.1.1 Levantamiento del modelo financiero anterior

El levantamiento técnico del modelo financiero existente tuvo como objeto la identificación y sistematización del archivo o conjunto de archivos que conforman el modelo financiero utilizado por el SETP de Ibagué, el reconocimiento de su estructura general y la trazabilidad de sus versiones históricas. El documento fuente analizado corresponde al archivo Anexo_21__Modelo_financiero_con_intructivo_-_V3.xlsx, denominado SIGMA 2018, elaborado por SIGMA Gestión de Proyectos S.A.S. bajo el Contrato No. 02 de 2018 suscrito con FINDETER y suministrado por la entidad.

a) Identificación del archivo y versiones

El modelo cuenta con cuatro versiones documentadas, cuyo trazado evolutivo refleja los ciclos de revisión exigidos por las entidades de control y estructuración. La versión analizada (V3, abril de 2019) incorpora los ajustes derivados de las observaciones formuladas por Findeter y el Departamento Nacional de Planeación (DNP) sobre las versiones precedentes:

Tabla 11. Versiones archivo revisado

Versión	Fecha	Elaboró	Descripción
V0	21 de agosto de 2018	Experto Financiero y profesionales de apoyo	Estructuración financiera inicial
V1	11 de octubre de 2018	Experto Financiero y profesionales de apoyo	Ajustes Findeter, DNP y MinTransporte
V2	4 de diciembre de 2018	Experto Financiero y profesionales de apoyo	Ajustes Findeter y DNP
V3	29 de abril de 2019	Experto Financiero y profesionales de apoyo	Versión analizada — Ajustes finales Findeter y DNP

Fuente: Sigma (2019)

b) Inventario de hojas y métricas técnicas

El modelo se compone de 30 hojas de cálculo distribuidas en seis capas funcionales, con un total aproximado de 211.000 fórmulas, 5.700 datos duros y 868 errores activos identificados al momento del análisis. La siguiente tabla presenta el inventario completo con las métricas técnicas verificadas en cada hoja:

Tabla 12. Inventario de hojas y métricas

# de la hoja	Nombre de hoja	Tipo funcional	Fórmulas	Datos duros	Errores
1	INSTRUCTIVO-INDICE	Reporte / portada	0	0	—
2	CONTROL Y RESULTADOS	Salidas + Escenarios + Variables	89	64	8
3	MODELO SISTEMA-SETP IBAGUE	Cálculos intermedios	5.953	61	81
4-14	Hojas de variables e inputs (ESC TPTE, PROY. MACRO, RECAUDO, INFRAESTRUCTURA, NÓMINAS, GESTOR, REPOSICIÓN, CONTROL FLOTA, CALC FUENTES, CURVAS MNTO, precios)	Variables / constantes / cálculos	~7.200	~1.250	4
18	PROY. TT R. 4350 Y COSTOS OPER	Cálculos intermedios (mayor)	15.878	34	60
19, 23, 25, 27	FLUJO Y EEFF (CONVENIOS, TECNOLOG, OP. ELECT., PROV. ELECT.)	Resultados + Indicadores por agente	~24.000	~2.172	711
20, 24, 26, 28	DEUDA (CONVENIOS, OP TECNOLOG, OP ELECT, PF ELECT)	Cálculos intermedios	~155.180	~2.369	4
29	Precios combustibles	Variables / constantes	6	19	—
30	Hoja2	Huérfana — sin clasificación	7	50	—
TOTAL	**30 hojas / 6 capas**	**—**	**~211.000**	**~5.700**	**868**

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

c) Arquitectura funcional y flujo de información

Las 30 hojas se organizan en seis capas con flujo de información predominantemente ascendente, desde los supuestos base (inputs primarios) hasta el dashboard de resultados. La capa de inputs

agrupa las hojas de demanda, macroeconomía, recaudo, infraestructura, nóminas, precios de combustibles, curvas de mantenimiento, reposición de flota, flujo de cofinanciación y tricimóviles. La capa de integración procesa el inventario de flota, los costos por tipología y las depreciaciones. La capa de proyección incluye la hoja PROY. TT R.4350 (15.878 fórmulas) y las cuatro hojas DEUDA por agente (~38.800 fórmulas cada una). La capa de EEFF por agente produce los estados financieros proyectados, el flujo de caja libre (FCL), la TIR y el VPN de cada uno de los cuatro agentes del sistema (AOT convencionales, proveedor tecnológico, operador eléctrico y operador tecnológico). La capa de consolidación (MODELO SISTEMA-SETP IBAGUE) integra la tarifa técnica, la tarifa al usuario, la demanda y la oferta para calcular el superávit o déficit del sistema. La capa de dashboard (CONTROL Y RESULTADOS e INSTRUCTIVO-INDICE) permite la selección de escenarios y la lectura consolidada de resultados.

El análisis automatizado de dependencias identificó 22 pares de referencias bidireccionales entre hojas, lo que compromete la auditabilidad del modelo al impedir un flujo unidireccional Entradas→Cálculos→Salidas. Los pares de mayor impacto corresponden a las relaciones entre CONTROL Y RESULTADOS, MODELO SISTEMA-SETP IBAGUE y los cuatro módulos de FLUJO Y EEFF, lo que genera circularidades indirectas que el modelo resuelve con cálculo iterativo (iterate=True) activo en sus propiedades de workbook. Adicionalmente, los rangos nombrados EDAD_MAX y FLOTA_OPER presentan errores #REF!, y los rangos MONEDA y No._Amortizaciones_por_año apuntan al archivo externo DEBT, no incluido en el entregable, lo que genera entradas incorrectas silenciosas[1] en las cuatro hojas DEUDA cuando dicho archivo no está disponible.

d) Horizonte mensual en el cálculo del servicio de deuda

Una decisión técnica relevante del modelo SIGMA 2018 es el uso de un horizonte de cálculo mensual para las cuatro hojas DEUDA (DEUDA CONVENIOS, DEUDA OP TECNOLOG, DEUDA OP ELECT y DEUDA PF ELECT). Esta arquitectura, que explica la extensión de cada hoja hasta 498 columnas (~41,5 años en periodicidad mensual), representa la desagregación del servicio de la deuda en 498 periodos mensuales en lugar de los aproximadamente 32 periodos anuales que cubriría un horizonte anual equivalente. Sin embargo, la elección del horizonte mensual no es arbitraria: obedece a una razón financiera de precisión en el cálculo de los intereses del crédito a lo largo del plazo de concesión.

El principio subyacente de la elección del horizonte es que el saldo de capital sobre el cual se calcula el interés de cada periodo se reduce cada vez que se realiza un pago de amortización. En un esquema de cálculo anual, el modelo asume que el saldo inicial del año permanece vigente durante los doce meses, aplicando la tasa de interés efectiva anual sobre ese saldo completo. En contraste, el esquema mensual captura la reducción del saldo después de cada cuota mensual de amortización, calculando el interés del siguiente mes sobre el saldo ya reducido. Dado que el saldo disminuye doce veces durante el año en lugar de una, los intereses acumulados son materialmente menores bajo el horizonte mensual, reflejando con mayor fidelidad el comportamiento real del instrumento de crédito.

Formalmente, si r_e es la tasa efectiva anual y r_m = (1 + r_e)^(1/12) - 1 es su equivalente mensual, el interés del periodo t bajo horizonte mensual se calcula como I_t = S_(t-1) x r_m, donde S_(t-1) ya refleja la amortización del mes anterior. Bajo horizonte anual, el interés del periodo t seria I_t = S_(t-

[1] Entradas incorrectas silenciosas: Errores que ocurren cuando un dato de entrada es técnicamente "válido" para la estructura del modelo (no rompe las fórmulas ni genera errores como #¡REF! o #DIV/0!), pero es incorrecto desde una perspectiva lógica o financiera

1) x r_e, con S_(t-1) reduciéndose solo una vez al año. Esta diferencia se acumula a lo largo del plazo de la concesión, resultando en una sobreestimación del costo financiero cuando se usa el horizonte anual.

e) Cuantificación de la diferencia: horizonte mensual vs. horizonte anual

Para dimensionar el impacto de esta decisión metodológica en el contexto específico del SETP de Ibagué, se realizaron cálculos comparativos usando los parámetros de deuda del propio modelo SIGMA 2018. Los resultados evidencian que el uso del horizonte anual habría sobreestimado materialmente el costo total de la deuda en cada uno de los cuatro agentes del sistema:

Tabla 13. Cuantificación impacto sobre los agentes del sistema

Agente	Deuda referencia	Tasa E.A.	Plazo	Intereses (mensual)	Intereses (anual)	Sobreestimación	Diferencia %
AOT Convencional	~$20.000 MM COP	10%	15 años	$14.433 MM COP	$16.000 MM COP	+$1.567 MM COP	+10,9%
Proveedor Eléctrico	~$13.541 MM COP	13%	12 años	$10.050 MM COP	$11.442 MM COP	+$1.392 MM COP	+13,9%
Operador Eléctrico	~$8.500 MM COP (*)	13%	12 años	~$6.320 MM COP	~$7.175 MM COP	~+$855 MM COP	~+13,5%
Operador Tecnológico	~$5.000 MM COP (*)	10%	10 años	~$2.862 MM COP	~$3.250 MM COP	~+$388 MM COP	~+13,6%
TOTAL (4 agentes)	~$47.041 MM COP	—	—	~$33.665 MM COP	~$37.867 MM COP	~+$4.202 MM COP	+12,5% prom.

Fuente: Elaboración Propia

(*) Valores estimados con base en la proporción relativa de CAPEX documentada en el modelo para cada agente. El cálculo exacto requiere los parámetros de saldo inicial de cada hoja DEUDA. Cifras expresadas en pesos constantes de 2018.

Para ilustrar el mecanismo con un ejemplo de fácil verificación, considere una deuda de $1.000 MM COP al 12% E.A. con plazo de 3 años y amortización lineal. Bajo horizonte anual, los intereses totales ascienden a $240 MM COP (año 1: $120 MM sobre saldo de $1.000 MM; año 2: $80 MM sobre $667 MM; año 3: $40 MM sobre $333 MM). Bajo horizonte mensual, la tasa equivalente es del 0,9489% mensual, el saldo se reduce en $27,8 MM cada mes, y los intereses totales resultan en $175,5 MM

COP. La diferencia es de $64,5 MM COP, equivalente al 36,7% de sobreestimación en un plazo corto de 3 años; el efecto se atenúa a medida que el plazo se extiende porque la tasa mensual compuesta tiende a converger con la anual en periodos largos, pero la precisión de la amortización mes a mes sigue siendo superior a la aproximación anual.

En consecuencia, si el modelo SIGMA 2018 hubiera utilizado un horizonte anual para el servicio de deuda, el costo financiero total de los cuatro agentes habría sido sobreestimado en aproximadamente $4.200 MM COP (pesos 2018) a lo largo del horizonte de evaluación. Esta sobreestimación se habría propagado al Estado de Resultados de cada agente incrementando artificialmente los egresos por intereses. En términos operativos, una Tarifa Técnica sobreestimada habría implicado mayores requerimientos de subsidio al sistema o, en ausencia de este, una brecha de financiamiento mayor que la real. La elección del horizonte mensual en SIGMA 2018 constituye, por tanto, una práctica metodológica correcta que debe preservarse y documentarse explícitamente en el nuevo modelo financiero conforme al estándar FAST.

5.1.2 Identificación de variables y parámetros

La subactividad de identificación de variables tuvo por objeto inventariar y evaluar el estado de las variables, constantes, parámetros, fuentes de datos, metodologías de proyección y criterios de cálculo incorporados en el modelo SIGMA 2018. El levantamiento se realizó a partir del análisis hoja por hoja de las celdas de input, la verificación de la existencia de fuentes documentadas y la contrastación de los valores base con las series vigentes de las entidades oficiales de referencia (DANE, Banco de la República, Ministerio de Transporte, DNP y MHCP).

a) Mapa de variables por capa funcional

Las variables del modelo se distribuyen en nueve hojas de input. La siguiente tabla registra el estado de cada grupo de variables respecto a su centralización, fuente documentada y vigencia:

Tabla 14. Grupo de variables y su estado

Grupo de variables	Hoja donde reside	Fuente documentada	Base año	Estado
Tasas de variación de costos (IPC, salarios, combustible, lubricantes, llantas, mantenimiento)	PROY. MACRO Y VAR. COSTOS	No documentada en celda	2018	Desactualizada
Tasas financieras (préstamo COP/USD, TRM, inflación externa)	PROY. MACRO Y VAR. COSTOS	No documentada en celda	2018	Desactualizada
WACC eléctrico (13%)	CONTROL Y RESULTADOS B23	No documentada en celda	2018	No centralizado
WACC convencional	Ausente del modelo	—	—	No existe en el modelo

Grupo de variables	Hoja donde reside	Fuente documentada	Base año	Estado
Tasa real 4% E.A. (VPN de inversiones)	FLUJO Y EEFF CONVENIOS B27 (hardcoded)	No documentada en celda	—	Embebida en fórmula
IVA 19% (costos de recaudo)	Embebido como *1.19 en fórmulas	No documentada en celda	—	Embebida en fórmula
Impuestos locales Ibagué (ICA, Estampillas)	PROY. MACRO (celda con texto)	Sin valor numérico	—	Sin definir
Factor prestacional (14 componentes)	PROY. MACRO Y VAR. COSTOS	No documentada en celda	2018	Parcial
Demanda y oferta (pasajeros, km, flota)	ESC TPTE	Modelo de transporte externo	2018	Desactualizada — requiere SAIP IKON 2025
Costos SRC, SGCF, SIU y equipos a bordo	RECAUDO-SFCF-IS	No documentada en celda	2018	Desactualizada
Costos de infraestructura (patios, talleres)	INFRAESTRUCTURA	No documentada en celda	2018	Desactualizada
Canasta de costos por tipología de flota	CANASTA DE COSTOS TIPOLOGIAS	Constructores del modelo	2018	Desactualizada
Costo unitario bus eléctrico ($196,2M sin IVA)	CANASTA DE COSTOS fila 82	No documentada en celda	2018	Precio desactualizado
Nómina administrativa y operadores	NOMINA ADMIN CONV	No documentada en celda	2018	Desactualizada
Resolución tarifaria (R.4350) — número embebido	PROY. TT como constante 4350	Sin referencia normativa	2018	Hardcodeada

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

b) Clasificación de variables por nivel de criticidad

Conforme al requerimiento del Anexo Técnico (E.1.1.2), clasificar las variables según su sensibilidad e impacto en los resultados financieros del sistema, se identifican tres categorías de criticidad:

Tabla 15. Clasificación de variables por criticidad

Criticidad	Variables	Impacto sobre resultados	Estado en el modelo
Alta	WACC (convencional y eléctrico), tasa real 4%, tasa de préstamo	Determinan VPN, TIR y viabilidad financiera de cada agente	WACC convencional ausente; tasa real embebida sin fuente ni criterio
Alta	IPC, salarios — tasas de variación de canasta de costos	Impactan directamente la TT y la sostenibilidad del sistema	Base 2018, sin fuente documentada, desactualizadas ~7 años
Alta	Demanda (pasajeros/día) y oferta (km/vehículo/día, flota)	Determinan ingresos tarifarios y estructura de egresos	Basadas en estudio 2018; deben actualizarse con SAIP IKON 2025
Alta	Resolución tarifaria vigente (R.4350)	Define el esquema de indexación de la TT	Número embebido como constante; normativa puede haber evolucionado
Media	Costos de infraestructura (patios, talleres)	Inciden en el CAPEX del sistema	Sin actualizar desde 2018; sin fuente de referencia documentada
Media	Costo unitario bus eléctrico	Determina el CAPEX del escenario eléctrico	Precio 2018 ($196,2M sin IVA); altamente sensible a variación de mercado
Media	Factor prestacional (14 componentes)	Afecta la masa salarial total y los costos de nómina	Parcialmente documentado; base 2018
Baja	IVA, impuestos locales (ICA, Estampillas)	Efecto sobre flujo de caja, relativamente predecible	IVA embebido en fórmulas; impuestos locales sin valor numérico definido

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

El análisis evidencia que 15 de los 17 grupos de variables identificados presentan algún nivel de deficiencia en documentación, fuente o vigencia y algunos como la canasta de costos por tipología cuenta con una trazabilidad metodológica parcial. Ninguna variable dispone de celda con fuente y fecha documentadas conforme a los estándares del modelo FAST.

5.1.3 Análisis de coherencia interna y externa

El análisis de coherencia tuvo por objeto verificar la consistencia lógica de las fórmulas y vínculos del modelo, identificar los errores activos y evaluar la coherencia del modelo frente a la información operativa, tarifaria y presupuestal disponible. El análisis se realizó mediante revisión automatizada

celda por celda de las 30 hojas, complementada con pruebas manuales de sensibilidad sobre los parámetros críticos.

a) Coherencia interna: errores de fórmula activos

Se detectaron 868 errores de fórmula activos distribuidos en 9 de las 30 hojas, lo que significa que el modelo produce resultados incorrectos o incompletos en módulos financieros críticos. Los errores se clasifican en tres tipos según su causa raíz:

Tabla 16. Tipos de errores

Tipo de error	Cantidad	Hojas afectadas	Causa raíz y alcance
#REF!	392	FLUJO Y EEFF (CONVENIOS, TECNOLOG, OP. ELECT., PROV. ELECT.)	Referencias rotas generadas al modificar rangos entre versiones V0–V3. Afectan la fila 182 (Flota y Equipo de Transporte) en las cuatro hojas EEFF a partir de la columna BM (≈año 2030 en adelante), comprometiendo el valor del activo principal y la depreciación acumulada en el horizonte largo.
#DIV/0!	460	MODELO SISTEMA, PROY. TT R.4350, EEFF Eléctrico, Nóminas	Divisiones por cero en cálculos de IPK y Costo/Pasajero cuando el denominador (pasajeros por tipología) es nulo. Se concentran en los módulos del escenario eléctrico cuando está inactivo (C10=0), pero también afectan celdas del módulo de tarifa técnica.
#NUM!	16	CONTROL Y RESULTADOS, FLUJO Y EEFF OPERADOR ELECTRIC	La función IRR() no converge para flujos con múltiples cambios de signo o con valores nulos en periodos de operación de la flota eléctrica. Afecta directamente la TIR del Operador Eléctrico y del Proveedor reportadas en el dashboard.

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

b) Coherencia interna: cálculo iterativo y referencias circulares

El workbook tiene la propiedad iterate=True activa en sus CalcProperties. Esto significa que Excel resuelve referencias circulares por aproximación iterativa sin reportar error al usuario. La circularidad identificada es indirecta: el bucle se cierra a través de la cadena FLUJO Y EEFF OPERADOR ELECTRIC → DEUDA OP ELECT → MODELO SISTEMA → CONTROL Y RESULTADOS → vuelta al módulo eléctrico. Este comportamiento implica que dos usuarios con configuraciones distintas de Excel pueden obtener resultados diferentes para el mismo modelo sin ninguna advertencia del sistema. El nuevo modelo deberá operar siempre con iterate=False, resolviendo las dependencias circulares mediante fórmulas algebraicas explícitas o celdas auxiliares documentadas.

c) Coherencia interna: TIR en flujos no convencionales

El flujo de caja libre (FCL) del agente convencional (FLUJO Y EEFF CONVENIOS, fila 70) presenta tres cambios de signo con el patrón −+−−−++++++++. Por el teorema de Descartes (Cantoral & Ferrari, 2009) (regla de signos), este flujo puede tener hasta tres valores de TIR matemáticamente válidos. La función =IRR() de Excel retorna únicamente el primero que converge desde el 10% sin advertencia al usuario. La TIR del 15,86% reportada en el dashboard puede, por tanto, no

representar la rentabilidad real del proyecto. El nuevo modelo deberá complementar la TIR con la Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM/MIRR) y el perfil del VPN, tal como exige el Anexo Técnico en la actividad E.2.1.3.

d) Coherencia externa: análisis comparativo escenario eléctrico

Se analizó el comportamiento del modelo bajo dos estados:

1. Escenario eléctrico inactivo (C10=0), que corresponde al estado original del Anexo 21, y
2. Escenario eléctrico activo (C10=1), que incorpora 21 buses eléctricos (20 operativos + 1 de reserva) a partir de 2030, con un WACC del 13% E.A.

Plazo de concesión de 12 años y CAPEX de entrada de $1.807 millones de pesos corrientes ($1.260 millones de 2018), para ambos escenarios.

El hallazgo de coherencia externa más relevante es el impacto sobre el déficit del sistema: la incorporación del escenario eléctrico profundiza el déficit en todos los periodos desde 2030, con tendencia creciente hacia el largo plazo. La siguiente tabla resume la comparación:

Tabla 17. Comparación déficit escenario flota eléctrica

Periodo	Sin flota eléctrica (OFF)	Con flota eléctrica (ON)	Variación anual	% incremento déficit
2024	-$4.725 M/año	-$4.725 M/año	$0	0,0%
2030	-$24.689 M/año	-$26.758 M/año	-$2.069 M	-8,4%
2034	-$15.869 M/año	-$17.659 M/año	-$1.790 M	-11,3%
2040	-$9.262 M/año	-$11.097 M/año	-$1.835 M	-19,8%
2045	-$1.367 M/año	-$3.250 M/año	-$1.883 M	-137,7%

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)
Cifras expresadas en pesos constantes de 2018.

Este resultado evidencia que el escenario eléctrico, tal como está modelado en SIGMA 2018, no está integrado metodológicamente con el resto del modelo: el módulo de tarifa técnica (PROY. TT R.4350) genera 60 nuevos errores #DIV/0! al activarlo, y la arquitectura de costos no contempla los diferenciales de canasta energética entre flota diésel y eléctrica para el horizonte posterior a 2030.

5.1.4 Señalamiento de vacíos y oportunidades de mejora

A partir de los resultados de las tres subactividades anteriores, se procedió a la evaluación integral del modelo bajo el estándar FAST (Flexible, Appropriate, Structured, Transparent), la priorización de hallazgos y la clasificación del estado del modelo conforme a los criterios establecidos en el Anexo Técnico.

a) Evaluación FAST: nivel global.

La aplicación del estándar FAST al modelo SIGMA presenta los siguientes resultados, organizados según los principios del estándar y derivados de la evaluación de 27 ítems.El principio de **Flexibilidad** muestra deficiencias estructurales: el horizonte temporal es rígido (2018–2050 en 34 columnas fijas), los switches son exclusivamente binarios sin gradaciones, el WACC convencional no existe como parámetro centralizado y la tasa real del 4% está hardcodeada[Cd1.1].

El principio de **Apropiado** evidencia un desbalance entre complejidad y utilidad operativa: las cuatro hojas DEUDA acumulan aproximadamente 155.000 fórmulas y 498 columnas para un componente con alta incertidumbre de datos.

De otro lado, la **Estructura** es el principio más cercano al cumplimiento, dado que existe una intención organizativa reconocible en las seis capas funcionales y en el instructivo-índice; sin embargo, los 22 pares bidireccionales y la mezcla de funciones en CONTROL Y RESULTADOS impiden una auditoría fluida.

Finalmente, la **Transparencia** es el principio más deficiente: el modelo no puede leerse sin ejecutarse, aproximadamente 1.378 constantes están embebidas en una sola hoja, ninguna celda de input tiene fuente y fecha documentadas, y el sistema de colores no sigue ningún estándar definido.

Tabla 18. Resultados evaluación FAST - nivel global

Principio FAST	Cumple	Parcial	No cumple	Calificación global
F — Flexible	1 / 6	2 / 6	3 / 6	No cumple
A — Apropiado	0 / 5	2 / 5	3 / 5	No cumple
S — Estructurado	3 / 9	2 / 9	4 / 9	Cumple parcialmente
T — Transparente	1 / 7	1 / 7	5 / 7	No cumple
TOTAL	5 / 27 (19%)	7 / 27 (26%)	15 / 27 (55%)	No cumple el estándar FAST

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

El modelo SIGMA 2018 **no cumple el estándar FAST** globalmente. De 27 criterios evaluados, solo 5 (19%) cumplen, 7 (26%) cumplen parcialmente, y 15 (55%) no cumplen. Los principios Flexibilidad, Apropiado y Transparente tienen cumplimiento menor al 20%; solo Estructura muestra cumplimiento parcial relativo (33%). Las deficiencias más críticas son: (1) Transparencia: 1.378 constantes embebidas sin documentación; (2) Flexibilidad: horizonte temporal rígido y parámetros dispersos; (3) Apropiado: 155.000 fórmulas en 4 hojas DEUDA es sobre complejidad injustificada. El nuevo modelo debe resolver estas deficiencias para ser verificable como herramienta de decisión confiable.

A continuación, se detallan los hallazgos bajo la metodología FAST:

5.1.4.1 Desactualizaciones variables macroeconómicas

El estudio original proyectó escenarios financieros con un horizonte hasta 2044, empleando variables como la tasa DTF, inflación/IPC, salario mínimo, precios de combustibles y tasas de descuento, las cuales, en el período transcurrido, han experimentado variaciones significativas que alteran la viabilidad financiera y los supuestos de equilibrio del sistema.

Colombia atravesó entre 2020 y 2023 un ciclo inflacionario excepcional (IPC máximo de 13,1% en 2022) que impactó profundamente los costos del transporte público, los salarios mínimos y las tasas de referencia financiera, alejándose sustancialmente de los supuestos conservadores del estudio de 2019.

Tabla 19. Análisis de pertinencia de variables macroeconómicas

Variable	Supuesto Estudio	Realidad 2024–2026	Desviación
DTF E.A.	5,15%	9,0% – 9,3%	+390 pb
Inflación / IPC anual	3% (meta BanRep)	5,1–5,2% (2024–2025)	+200 PB
Salario Mínimo (crec. anual)	~4.5% anual	9,5% (2025); 23% (2026)	Muy alta
Combustible Diesel	$8.300/galón	~$10.751/galón	+30%
Combustible GNVC	$1.534/m3	~$3.200 – 3.500/ m3	+128%

Fuente: **(Banco de la República, s.f.)- (SICOM, s.f.)**

5.1.4.1.1 Tasa DTF y Condiciones de Endeudamiento

El estudio utilizó una DTF E.A. de 5,15% como base para el costo de la deuda de los operadores de transporte y proyectó tasas de préstamo del orden de DTF+2% a DTF+6%, con un escenario central en DTF+3% (equivalente a aproximadamente 8,15% E.A. nominal en 2019). Esta tasa se empleó para estructurar el endeudamiento del 70% del capital de los operadores, con plazo de 9 años e incluyendo 1 año de gracia.

Sin embargo, la DTF experimentó un ciclo expansivo severo producto de la política monetaria contractiva del Banco de la República para controlar la inflación postcovid, como se muestra a continuación:

Tabla 20. Evolución de la DTF E.A. – Colombia 2019–2025

Período	DTF E.A. promedio	Observación
2019	~4,5%	Condiciones basales del estudio
2020	~3,5%	Mínimo histórico – pandemia
2021	~2,0%	Mínimo histórico sostenido

Período	DTF E.A. promedio	Observación
2022	~8,3%	Ciclo alcista – inflación 13,1%
2023	~13,2%	Máximo del ciclo – política restrictiva
2024	~10,3%	Moderación gradual
2025	~9%	Descenso lento

Fuente: Banco de la República, s.f.

La DTF actual (~9,0–9,5% E.A.) casi duplica el supuesto base del estudio (5,15%). Esto implica que el costo financiero de la deuda de los operadores se ha incrementado entre 390 y 440 puntos básicos respecto al escenario proyectado, deteriorando significativamente la viabilidad del servicio a la deuda y la TIR del accionista.

5.1.4.1.2 Inflación y política de precios

El estudio asumió implícitamente una inflación objetivo del 3% (meta del Banco de la República) con convergencia gradual, y empleó pesos constantes de 2018 como referencia para todas las proyecciones financieras. El ajuste tarifario se proyectó vinculado a la variación del salario mínimo, generando incrementos de $100/pasajes anuales entre 2024 y 2033.

Tabla 21. IPC anual Colombia y salario mínimo 2019–2026

Año	IPC Anual (año corrido)	Incremento Salario Mínimo	Brecha (SML – IPC)	Salario Mínimo (COP)
2019	3,8%	6,0%	+2,2 pp	$828.116
2020	1,61%	6,0%	+4,4 pp	$877.803
2021	5,62%	3,5%	-2,1 pp	$908.526
2022	13,12%	10,07%	-3,0 pp	$1.000.000
2023	9,28%	16,0%	+6,7 pp	$1.160.000
2024	5,24%	12,07%	+6,8 pp	$1.300.000
2025	5,10%	9,5%	+4,4 pp	$1.423.500
2026 (est.)	~6,0–7,0%*	23,0%	+15–17 pp	$1.750.905

Fuente: Banco de la República, s.f.

** Proyección con alta incertidumbre dado el aumento salarial del 23% para 2026, que los analistas estiman generará presiones inflacionarias adicionales de 50–170 puntos básicos.*

El estudio proyectó que la tarifa usuario crecería de $2.000 en 2020 a $2.500 en 2024 (incrementos de $100/año). La realidad muestra que las ciudades colombianas de referencia comparable fijaron tarifas entre $3.200 y $3.400 para 2025, lo que sugiere que la tarifa al usuario real supera en 28–36% el escenario proyectado. De igual manera, la ciudad en los últimos años ha establecido tarifas más cercanas al escenario que manejan el resto de las ciudades, llegando en 2026 a $3.300.

Lo anterior merece atención puesto que los costos operativos (combustible, salarios, mantenimiento) han crecido a tasas muy superiores a la inflación objetivo del 3%, generando una brecha entre ingresos y egresos más amplia de lo proyectado.

5.1.4.1.3 Precio de combustibles

El modelo financiero del estudio utilizó los siguientes precios de referencia para 2018–2019:

- Gasolina (Diésel convencional): $8.300/galón
- GNVC (Gas Natural Vehicular Comprimido): $1.534/unidad equivalente

Tabla 22. Comparativo precios de combustibles Colombia 2019 vs. 2025–2026

Combustible	Precio 2018 (Estudio)	Precio Promedio 2025	Precio Promedio 2026	Variación Acumulada
ACPM / Diésel	$8.300/galón	$10.964/galón*	~$11.062/galón*	+32%
GNVC (equiv.)	$1.534/equiv.	2.923,64/equiv	~$3.326/equiv	+91%

Fuente: SICOM, s.f.

* PVP (18 ciudades principales)

5.1.4.1.4 Costos laborales y salario mínimo

El estudio proyectó los costos de nómina de conductores, mecánicos e inspectores con base en el salario mínimo de 2018 ($781.242) y auxiliar de transporte, estimando un costo de conductor de $1.800.000/turno y un costo total de nómina de $5.989.926/vehículo/mes.

Como se mencionó en literales anteriores, el salario mínimo colombiano ha crecido a ritmos muy superiores a la inflación en los últimos cuatro años, especialmente por decisiones discrecionales del ejecutivo nacional. El salario mínimo para 2025 fue de $1.423.500 y para 2026 es de $1.750.905, lo que representa un incremento del 124% respecto al de 2018 ($781.242). Este aumento supera con creces cualquier proyección conservadora incorporada en el modelo original.

Tabla 23. Proyección costos de conductor 2018–2026

Año	Salario Mínimo	Factor multiplicador vs. 2018	Costo Conductor Estimado/Turno	Costo Nómina Est./Veh/Mes
2018 (Base estudio)	$781.242	1,0x	$1.800.000	$5.989.926
2024	$1.300.000	1,66x	~$2.988.000	~$9.944.000

Año	Salario Mínimo	Factor multiplicador vs. 2018	Costo Conductor Estimado/Turno	Costo Nómina Est./Veh/Mes
2025	$1.423.500	1,82x	~$3.270.000	~$10.882.000
2026	$1.750.905	2,24x	~$4.023.000	~$13.391.000

Fuente: : Banco de la República, s.f.

El costo de nómina operativa por vehículo estimado para 2026 (~$13.4 millones/mes) supera en más del 120% el supuesto base del estudio ($5.99 millones/mes en 2018). Esto representa el mayor factor de presión sobre la tarifa técnica de equilibrio.

Adicionalmente, la reforma laboral ((Congreso de la República, s.f.) y los incrementos en recargos nocturnos y dominicales añaden presión adicional a los costos de nómina de un sector que opera 7 días a la semana.

5.1.4.1.5 Impacto en las variables

Costos variables de operación

El estudio estimó el costo de combustible para buses nuevos Diésel en $771/km. Con los precios actuales:

- Rendimiento estimado: 10,77 km/galón (bus nuevo Diesel, según estudio)
- Costo 2018: $8.300/10,77 = $771/km
- Costo 2025: $10.964/10,77 ≈ $1.018/km (+32% respecto al supuesto)
- Costo variable total por km sube de $1.439 a aproximadamente $1.686/km (+17%)

Para los buses del TPC actual (gasolina/Diesel convencional), el impacto es similar dado que el estudio estimaba $572/km de combustible con gasolina a $8.300, mientras que al precio actual de $10.964 el costo sería ~$1.263/km, representando un incremento del 17% en el rubro de combustible.

Impacto en la estructuración financiera

El estudio estimó que los operadores requieren una TIR del accionista de 13% E.A. real para cubrir el costo de capital (CAPM). Con una DTF que supera los supuestos base, el costo de la deuda del 70% financiado externamente se incrementa, presionando al alza la tarifa técnica de equilibrio y ampliando el déficit operacional proyectado.

- El pago de servicio de la deuda mensual por vehículo se estima entre 15% y 25% mayor al proyectado.

FAST	*Las variables macroeconómicas son un supuesto crítico del modelo. Deben estar en una hoja de supuestos centralizada y siendo actualizadas de manera consistente frente a cambios de la realidad del mercado*

Recomendación	Se recomienda actualizar las variables macroeconómicas conforme a los cambios y realidades de la economía colombiana a partir de estadísticas oficiales y centros de estudios económicos.

5.1.4.2 Vínculos externos huérfanos (named ranges)

El archivo Anexo 21. Modelo financiero con instructivo - V3.xlsx contiene referencias a un archivo externo denominado FINANCIAL MODEL v30.xlsx. Estas referencias están definidas como nombres definidos (named ranges) a nivel del libro y no como celdas con fórmulas activas. Aunque los named ranges no generan errores visibles ni alteran los resultados del modelo en su estado actual, representan dependencias ocultas que comprometen la autonomía e integridad del archivo.

Tabla 24. Vínculos externos huérfanos

Condición	Descripción
Cantidad de named ranges	2 nombres definidos a nivel del libro
Archivo externo referenciado	FINANCIAL MODEL v30.xlsx
Uso en fórmulas	Ninguna de las 30 hojas utiliza estos nombres
Clasificación	Vínculos “huérfanos” — no activos en ninguna celda
Violación FAST	Generan referencias externas no trazables ni auditables

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

La presencia de estos vínculos huérfanos implica que, ante un proceso de auditoría o revisión externa, cualquier revisor que acceda al archivo recibirá una advertencia sobre referencias externas no resueltas, lo que genera incertidumbre sobre si el modelo opera de forma completamente autónoma. Esto es especialmente crítico dado que el modelo debe ser entregado como un instrumento cerrado y autosuficiente para su evaluación oficial.

FAST	*Principio de Trazabilidad violado: existen referencias a archivos externos que no se usan activamente, pero contaminan el modelo con dependencias ocultas no trazables.*

Recomendación	Se recomienda eliminar los vínculos externos huérfanos mediante la depuración del Administrador de Nombres (Name Manager) del libro, verificando previamente que ninguna fórmula activa haga referencia a dichos rangos.

5.1.4.3 Errores #REF!. Zonas residuales sin limpiar

En varias pestañas del modelo existen 392 celdas con error #REF! que constituyen residuos de versiones anteriores del archivo. Estas celdas no están vinculadas a ninguna fórmula activa del modelo en su estado actual, pero permanecen visibles en las hojas de estados financieros, generando ruido visual y dificultades en el proceso de auditoría.

Tabla 25. Errores #REF!

Pestaña Afectada	Descripción del Error
FLUJO Y EEFF TECNOLOG	Celdas con #REF! en línea de Flota y Equipo de Transporte — no vinculadas

Pestaña Afectada	Descripción del Error
FLUJO Y EEFF CONVENIOS	Idéntica zona residual, no vinculada a fórmulas activas
FLUJO Y EEFF OPERADOR ELECTRIC	Misma línea de Flota y Equipo — zona huérfana
FLUJO Y EEFF PROVEEDOR ELECTRIC	Igual situación — base o intención de fórmula obsoleta
Total celdas afectadas	392 celdas con error #REF!

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

La ubicación de estos errores en pestañas de estados financieros —precisamente las hojas donde un revisor externo busca los resultados del modelo— es especialmente problemática. La presencia de errores #REF! en líneas de activos fijos (Flota y Equipo de Transporte) puede interpretarse erróneamente como un error estructural del modelo, cuando en realidad son artefactos de versiones anteriores sin impacto en los resultados actuales.

FAST	*Principio de Transparencia violado: celdas con errores visibles sin impacto en resultados generan desconfianza y dificultan la auditoría del modelo. Deben eliminarse antes de la entrega oficial.*

Recomendación	Se recomienda eliminar todas las celdas con error #REF! mediante la identificación y borrado de las zonas residuales en las cuatro pestañas afectadas. Dado que estas celdas no están vinculadas a ninguna fórmula activa, su eliminación no afectará los resultados calculados del modelo.

5.1.4.4 Errores #DIV/0!. Períodos fuera de concesión no gestionados

Los errores #DIV/0! en el modelo no son simples descuidos de programación, sino consecuencia directa de un error de diseño en la definición del horizonte de evaluación del Operador Tecnológico. La raíz del problema está en que dicho agente fue modelado con una concesión de solo 12 años (hasta 2031), mientras que el sistema SETP opera en su conjunto hasta el año 2050.

Tabla 26. Errores #DIV/0!

Origen	Explicación
Celda raíz	CONTROL Y RESULTADOS — C13: Plazo Concesión Oper. Tecnológico = 12 años
Efecto	Ingresos = $0 a partir de 2032 → divisiones entre cero
Períodos con error	2032 – 2050 (19 años sin modelación del agente tecnológico)
Error de diseño	El operador tecnológico (recaudo y control de flota) debe operar durante toda la vida del sistema

Origen	Explicación
Solución parcial	Debieron usarse funciones SIERROR para mostrar 0 o celdas en blanco
Problema adicional	La concesión de 12 años no refleja la realidad contractual del SETP

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

Este error de diseño implica que el modelo no representa la realidad del esquema contractual previsto para el SETP, donde el operador tecnológico (encargado del recaudo y la gestión de flota, según lo establece el Anexo 10. Apendice 2 Condiciones tecnicas plat tecnologica - V3.docx (documento que hace parte del estudio de SIGMA, 2019); debe acompañar la operación del sistema durante toda su vida útil.

FAST	*Principio de Flexibilidad y Estructura violado: el horizonte de cada agente debe ser parametrizable desde supuestos, no fijo en la lógica de fórmulas. Los errores visibles debieron gestionarse con SIERROR.*

Recomendación	Se recomienda redefinir el horizonte del Operador Tecnológico para que abarque el período completo de operación del SETP (2020–2050), ya sea mediante la extensión del contrato de concesión tecnológica o la inclusión de una segunda concesión consecutiva en el modelo. Se debió gestionar todos los errores #DIV/0! con la función SIERROR para evitar la propagación de errores en celdas dependientes.

5.1.4.5 Errores #NUM!. Operador eléctrico con flota en cero

La pestaña CONTROL Y RESULTADOS reporta errores #NUM! asociados al proveedor eléctrico. Estos errores son consecuencia directa de la configuración del escenario base del modelo, en el cual la flota eléctrica quedó definida con cero (0) vehículos, haciendo imposible el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) sobre flujos de caja nulos.

Tabla 27. Errores #NUM!

Elemento	Detalle
Celda origen del error	FLUJO Y EEFF PROVEEDOR ELECTRIC - B62
Causa raíz	Vehículos eléctricos = 0 en celda C10 de CONTROL Y RESULTADOS
Flota renovada	Solo GNV (celda C8 — sin eléctricos en escenario base)
Tipo de error	#NUM! en TIR (sin flujos) y #DIV/0! en márgenes (ingresos = 0)
Carácter del error	Error por diseño: la condición de inactividad no está gestionada con SIERROR

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

Si bien la exclusión de la flota eléctrica en el escenario base puede corresponder a una decisión técnica válida (el escenario modelado prioriza la tecnología GNV), el modelo debe manejar adecuadamente la condición de inactividad de este agente, presentando indicadores en cero o N/A en lugar de errores que generen confusión. El Anexo 11. Apéndice 3- Especificaciones de buses.docx (que hace parte del estudio de SIGMA, 2019) contempla vehículos eléctricos como alternativa tecnológica vigente, por lo que su desactivación en el modelo base debe estar explícitamente documentada y correctamente gestionada.

FAST	*Error por diseño no gestionado: cuando un agente está desactivado (flota = 0), el modelo debe presentar indicadores en cero o N/A mediante SIERROR, no errores #NUM! o #DIV/0! que generan incertidumbre.*

Recomendación	Se recomienda implementar la función SIERROR en todas las fórmulas de TIR y márgenes del Proveedor Eléctrico para que muestren 0 o N/A cuando la flota sea igual a cero. Adicionalmente, se debió documentar en el instructivo del modelo la decisión de desactivar la flota eléctrica en el escenario base y las condiciones bajo las cuales debería activarse.

5.1.4.6 Valores planos implícitos en fórmulas. Violación directa del principio FAST

Este es el grupo de errores de mayor gravedad bajo la metodología FAST. Múltiples supuestos operativos, técnicos y económicos están embebidos directamente en las fórmulas de las celdas del modelo, sin referencia a una hoja de supuestos centralizada, sin etiqueta identificativa y sin documentación de su fuente o justificación técnica. Se identificaron diez (10) valores planos críticos distribuidos en las hojas de canasta de costos, escenario de transporte y remuneración, que afectan directamente los resultados financieros del modelo.

Tabla 28. Errores planos implícitos en fórmulas

#	Hoja / Celda	Valor Plano	Descripción del Problema	Impacto en TIR
1	CANASTA COSTOS TIPOLOGIAS – F138	$2.000.000	Costo mantenimiento mensual por vehículo embebido en fórmula sin celda de supuesto ni justificación de fuente	Directo → TIR Operador 12,49% / 13,22%
2	CANASTA COSTOS TIPOLOGIAS – D138	5.500 km/mes	Divisor de km/mes del microbús colocado en lugar de referenciar celda IKB correspondiente	Directo → costos por km
3	CANASTA COSTOS TIPOLOGIAS – F138	Factor 1,1	10% adicional para bus vs buseta dentro de la fórmula, sin celda de supuesto documentada	Directo → diferencial de costos
4	CANASTA COSTOS TIPOLOGIAS – C65	30%	Porcentaje de afectación de mantenimiento colocado en la fórmula 30%*C63	Costos de mantenimiento

#	Hoja / Celda	Valor Plano	Descripción del Problema	Impacto en TIR
5	CANASTA COSTOS TIPOLOGIAS – I138	Factor 1,07	Factor GNV vs Diésel embebido en fórmula =+H138*1,07 sin celda de supuesto	Diferencial GNV/Diésel
6	CANASTA COSTOS TIPOLOGIAS – E137	75,2 × 1,5	Costo llantas buseta por km multiplicado por factor A/C sin formulación vinculada a supuestos	Costo de llantas
7	CANASTA COSTOS – tipología bus	Factor 1,10	Incremento sobre costo buseta para bus, multiplicado dentro de la celda sin orden ni supuesto	Diferencial tipologías
8	ESC TPTE	5% km vacíos	Porcentaje de km en vacío ingresado manualmente, aplica a todas las tipologías sin argumento técnico	Kms productivos del sistema
9	ESC TPTE	8% reserva	Porcentaje de reserva de flota ingresado manualmente sin respaldo metodológico en supuestos	Tamaño de flota total
10	MODELO SISTEMA-SETP IBAGUE - remuneración por pasajeros	$300/pax	Valor de remuneración por pasajero colocado manualmente sin referencia a celda de supuesto ni fuente	Ingresos del operador

La presencia de estos valores planos en las fórmulas implica que cualquier modificación de los supuestos operativos del sistema requeriría la búsqueda y edición manual de cada celda afectada, con alto riesgo de inconsistencias entre versiones. Adicionalmente, un revisor externo no puede determinar el origen ni la justificación técnica de estos parámetros sin acceso al conocimiento tácito del modelador original, lo que compromete directamente la auditabilidad del instrumento.

FAST	*Principio fundamental violado: toda entrada y supuesto debe estar en una celda independiente, etiquetada y referenciada por las fórmulas. No deben existir números mágicos dentro de fórmulas ni valores de entrada sin fuente documentada.*

Recomendación	Se recomienda que en la propia hoja de supuestos centralizada (denominada SUPUESTOS o INPUTS) se registren todos los parámetros identificados, acompañados de su etiqueta, descripción, fuente de información, fecha de referencia y celda de destino. Cada una de las diez (10) celdas identificadas debe reemplazar el valor plano por una referencia directa a la celda de supuesto correspondiente.

5.1.4.7 Multiplicador de cierre. Factor sin justificación

En la pestaña CONTROL Y RESULTADOS existe un multiplicador de cierre cuya función es ajustar la tarifa de remuneración modelada al año base 2018, afectando directamente los ingresos del operador en la pestaña MODELO SISTEMA-SETP IBAGUÉ. El origen, la metodología de cálculo y la justificación técnica de este factor no están documentados en ninguna parte del modelo ni en su instructivo.

Tabla 29. Evaluación FAST multiplicador de cierre

Elemento	Detalle
Factor Bus Nuevo (con A/C)	0,82 — sin celda de supuesto documentada
Factor por tipología (otra)	0,79 — ajusta tarifa de remuneración al año 2018
Pestaña origen	CONTROL Y RESULTADOS → MODELO SISTEMA-SETP IBAGUÉ
Violación FAST	Factor adicional sin documentación de fuente ni celda de supuesto definida
Riesgo	Ajusta la tarifa de remuneración de manera opaca, afectando los ingresos del operador

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

El multiplicador de cierre representa un ajuste que puede alterar significativamente la tarifa de remuneración del operador y, por ende, los indicadores de rentabilidad del proyecto. En un modelo destinado a evaluación oficial, la existencia de factores de ajuste sin documentación de fuente ni celda de supuesto constituye una violación directa del principio de transparencia de la metodología FAST y puede generar cuestionamientos sobre la fiabilidad de los resultados durante procesos de revisión técnica institucional.

FAST	*Principio de Transparencia violado: todo factor de ajuste debe tener una justificación metodológica documentada, una celda de supuesto identificada y referenciada, y no debe quedar embebido de forma opaca en la lógica del modelo.*

Recomendación	Se recomienda documentar la metodología de cálculo del multiplicador de cierre, especificando: (i) el criterio técnico o normativo que justifica su aplicación, (ii) el procedimiento de cálculo de los factores (0,82 para bus nuevo con A/C y 0,79 para otra tipología), y (iii) la fuente de referencia utilizada. Este factor debe migrar a la hoja de supuestos centralizada.

5.1.4.8 Precios de vehículos desactualizados

Los precios de adquisición de los vehículos de la flota, consignados en la pestaña CONTROL FLOTA TPC-CONV. SETP, están desactualizados con respecto al año de modelación y son ingresados manualmente, sin vinculación a una hoja de supuestos centralizada con valores referenciados a una fuente oficial y con fecha de corte documentada. El precio de los vehículos es el supuesto más relevante del CAPEX del operador convencional y tiene impacto directo sobre la estructura de deuda, el flujo de caja libre y, por consiguiente, sobre la TIR del proyecto.

FAST	*Los precios de vehículos son un supuesto crítico del modelo (impactan CAPEX y TIR). Deben estar en una hoja de supuestos centralizada, con fuente documentada (RUNT, FASECOLDA, cotizaciones de fabricantes) y fecha de referencia explícita.*

Recomendación	Se recomienda actualizar los precios de la flota vehicular con base en cotizaciones formales de fabricantes o distribuidores autorizados, o con base en los registros disponibles del RUNT o las publicaciones de FASECOLDA, referenciando la fecha de los precios utilizados.

5.1.4.9 TIR con flujos negativos múltiples. Falta de TIR modificada

La TIR del "*Proyecto Desapalancado Real"* en la pestaña FLUJO Y EEFF CONVENIOS (horizonte 2024–2050) presenta múltiples cambios de signo en la serie de flujos de caja, situación que invalida metodológicamente el uso de la TIR convencional como indicador de rentabilidad. Desde el punto de vista matemático, cuando una serie de flujos presenta más de un cambio de signo, la ecuación polinómica que define la TIR puede tener múltiples soluciones reales o ninguna, lo que hace que el valor reportado sea potencialmente engañoso.

Tabla 30. Evaluación TIR del proyecto

Elemento	Detalle
Horizonte evaluado	2024 – 2050 (flujo en pesos constantes de 2018)
Flujos negativos	4 flujos negativos en años posteriores al inicio
Problema metodológico	TIR convencional no es válida con múltiples cambios de signo en la serie
Herramienta correcta	TIR Modificada (TIRM), ajustada por tasas de financiamiento y reinversión explícitas
TIR nominal reportada	15,9% (incluye inversiones de flota en pesos corrientes)
Omisión del modelo	No se calcula TIRM — se reporta TIR simple potencialmente errónea o múltiple

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

La Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM) resuelve este problema al transformar los flujos negativos a una tasa de financiación explícita y los flujos positivos a una tasa de reinversión definida, produciendo un único indicador confiable. En Excel, la función TIRM requiere definir explícitamente ambas tasas, lo que además obliga al modelador a documentar los supuestos de reinversión del proyecto, mejorando la transparencia del análisis.

FAST	*La metodología requiere que cuando los flujos tienen múltiples cambios de signo se use la TIR Modificada (TIRM) para evitar resultados espurios. Este es un error conceptual que afecta la validez de los indicadores financieros presentados.*

Recomendación	Se recomienda calcular la TIRM para el flujo del Convenio de Operación TPC, utilizando la función TIRM de Excel con la tasa de costo de deuda como tasa de financiamiento y la tasa de oportunidad del sector como tasa de reinversión.

5.1.4.10 TIR tecnológico vs. convencional. Comparación inválida

El modelo presenta las TIR de los operadores de transporte y tecnológico calculadas sobre horizontes de evaluación distintos, lo cual genera una inconsistencia en el análisis financiero del sistema. Dado que el sistema requiere que el operador de transporte y el operador de recaudo/tecnológico funcionen de manera conjunta durante toda la vida del proyecto, la evaluación financiera debería alinearse bajo un mismo horizonte temporal, que refleje la duración real de la operación integrada.

La TIR es un indicador sensible al horizonte de evaluación: concesiones más cortas tienden a reportar TIR aparentemente más altas dado el efecto del menor número de períodos, lo que se refleja en la tasa del operador tecnológico.

Tabla 31. Evaluación TIR operadores

Agente	TIR Proyecto	TIR Accionista
Operador Convencional (Transporte)	12,5%	13,22%
Operador Tecnológico (Recaudo)	37,4%	34,8%

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

La TIR del Operador Tecnológico (37,4%) fue calculada sobre un horizonte de solo 12 años, mientras que la TIR del Operador Convencional (12,5%) fue calculada sobre un horizonte de 27 años. Presentar ambos indicadores en la misma tabla como si fueran comparables puede generar interpretaciones erróneas sobre la rentabilidad relativa de los dos agentes y sobre el atractivo del proyecto en su conjunto.

FAST	*La TIR del operador tecnológico (37,4%) NO es comparable con la del operador convencional (12,5%) porque están evaluados en plazos completamente distintos (12 años vs. 27 años). Esta comparación directa es metodológicamente inválida.*

Recomendación	Se sugiere que la evaluación financiera se realice bajo un mismo horizonte temporal para ambos operadores, alineando los períodos de análisis con la vida útil integral del sistema, con el fin de asegurar una interpretación consistente y adecuada de la rentabilidad del proyecto.

b) Hallazgos priorizados

El proceso de diagnóstico identificó 14 hallazgos, por análisis automatizado se identificaron x (H-01 a H-12), y por revisión manual verificada 2, (H-13 y H-14). La siguiente tabla presenta el inventario priorizado de hallazgos y las recomendaciones correspondientes para la construcción del nuevo modelo:

Tabla 32. Inventario de hallazgos

Código	Criticidad	Hallazgo	Categoría	Recomendación para el nuevo modelo
H-01	Alta	868 errores activos en 9 hojas (460 #DIV/0!, 392 #REF!, 16 #NUM!)	Integridad técnica	Documentar referencias rotas antes de construir el nuevo modelo. Implementar hoja de checks automáticos (E.2.1.3).
H-02	Alta	22 pares de referencias bidireccionales — flujo no unidireccional	Estructura (FAST-S)	Vínculos estrictamente unidireccionales Entradas→Cálculos→Salidas en el nuevo modelo.
H-03	Alta	TIR y VPN del accionista vacíos en EEFF Tecnología, Eléctrico y Proveedor	Completitud	Construir FCL del accionista como módulo completo con todas sus salidas (E.2.1.3).
H-04	Alta	~1.378 constantes embebidas en FLUJO Y EEFF CONVENIOS (IVA, tasa real, factores)	Transparencia (FAST-T)	Centralizar todas las constantes en hoja de variables con fuente y fecha (E.2.1.1).
H-05	Alta	Horizonte temporal fijo (~2050); sin selector 5/10/15/20 años	Flexibilidad (FAST-F)	Selector paramétrico de horizontes que ajuste toda la proyección automáticamente (E.2.1.7).
H-06	Media	Variables macroeconómicas con base 2018 sin fuente documentada en celda	Actualización	Actualizar a DANE/BanRep/DNP vigentes. Documentar fuente y fecha en cada celda (E.2.1.1).
H-07	Media	Control y resultados mezcla inputs, escenarios, outputs y gráficas	Estructura (FAST-S)	Separar en hojas de variables (E.2.1.1) e indicadores (E.2.1.3) independientes.

Código	Criticidad	Hallazgo	Categoría	Recomendación para el nuevo modelo
H-08	Media	Escenario eléctrico inoperativo — profundiza déficit $1.790M–$1.883M/año adicionales desde 2030	Completitud / Coherencia	Modelar escenario eléctrico como módulo nativo integrado desde el inicio, con datos SAIP IKON 2025.
H-09	Media	Rangos nombrados rotos (#REF!) y validaciones de datos dependientes de archivo externo ausente [1] DEBT	Integridad / Vínculos	Importar datos externos a hoja Imports interna. Validaciones deben referenciar rangos internos al archivo.
H-10	Baja	4 hojas DEUDA con arquitectura repetitiva (~38.800 fórmulas c/u, 498 columnas)	Eficiencia	Reemplazar por módulo de deuda parametrizado por agente en el nuevo modelo.
H-11	Baja	Hoja2 sin nombre funcional ni vínculos documentados	Documentación	Identificar contenido; eliminar si es irrelevante. No debe existir en el nuevo modelo.
H-12	Baja	7 colores sin estándar — sin diferenciación FAST de tipos de celda	Transparencia (FAST-T)	Implementar código de color FAST desde la primera hoja del nuevo modelo (E.2.1.1).
H-13	Alta	Cálculo iterativo activo (iterate=True): referencias circulares indirectas ocultan errores lógicos	Integridad / Circularidad	Construir nuevo modelo con iterate=False. Resolver dependencias circulares con fórmulas algebraicas explícitas.

Código	Criticidad	Hallazgo	Categoría	Recomendación para el nuevo modelo
H-14	Media	FCL del agente convencional con 3 cambios de signo — TIR posiblemente ambigua (hasta 3 raíces)	Criterio evaluación / TIR	Complementar TIR con TIRM/MIRR y perfil del VPN. Documentar metodología en hoja de indicadores (E.2.1.3).

Fuente: Anexo 21. Modelo financiero con instructivo – V3.xls (2019)

c) Clasificación del estado del modelo y recomendación operativa

Con base en la evaluación FAST, el inventario de hallazgos y el análisis de coherencia, el modelo SIGMA 2018 se clasifica como:

MODELO PARCIALMENTE FUNCIONAL con deterioro crítico en módulos secundarios.

Esta clasificación se sustenta debido a que el modelo dispone de una arquitectura conceptual correcta, validada en su momento por Findeter, el DNP y el Ministerio de Transporte: agentes diferenciados, canasta de costos por tipología, estados financieros proyectados por agente, selector de escenarios y dashboard de resultados. Sin embargo, 22 de 27 criterios de la evaluación FAST no se cumplen. De la, 868 errores de fórmula activos comprometen resultados financieros críticos en las cuatro hojas de EEFF y en el módulo de tarifa técnica, el escenario eléctrico no está integrado metodológicamente, y el horizonte de variables macroeconómicas supera los 7 años de desactualización. En consecuencia, el modelo no puede ser utilizado directamente como instrumento de toma de decisiones financieras para la operación del SETP de Ibagué sin una reconstrucción integral conforme a los lineamientos del Anexo Técnico.

La recomendación operativa para la Etapa 2 es la reconstrucción integral del modelo financiero en un archivo Excel nuevo, de estructura modular, con código de color FAST, celdas de input documentadas con fuente y fecha, vínculos unidireccionales verificables, iterate=False, horizonte parametrizable de 5, 10, 15 y 20 años, y escenario eléctrico integrado desde el primer módulo, utilizando como base los datos actualizados del modelo operacional SAIP IKON 2025. Los 14 hallazgos identificados en esta subactividad constituyen la guía de requerimientos mínimos para la construcción de propuesta de estructura del nuevo modelo.

5.2 Diagnóstico del modelo SETP Ibagué 2025.

Se realizó la revisión de los ajustes realizados por el Ente Gestor durante las actividades de asesorías especializadas orientadas a la estimación de costos, ingresos y escenarios de transición de flota del SETP de Ibagué durante el año 2025. Dichas actividades produjeron un ejercicio de modelación financiera propio —en adelante, el Modelo Ibagué V11 (archivo Modelo_Ibague_v11.xlsx)— acompañado de un informe financiero, una presentación de resultados, notas de sesiones técnicas de trabajo, cuadro comparativo de flota y análisis de CAPEX-OPX-TCO.

Este capítulo extiende la metodología de diagnóstico aplicada en el Capítulo 5 al Modelo Ibagué V11, con un doble propósito: (i) determinar su alcance, calidad técnica y grado de cumplimiento del estándar FAST, en los mismos términos en que fue evaluado el modelo SIGMA 2018; y (ii) identificar los insumos, supuestos y resultados de dicho ejercicio que resultan aprovechables —previa verificación y migración controlada— para la construcción del nuevo modelo financiero del SETP

contemplada en la Etapa 2 del contrato. La revisión complementaria no modifica las conclusiones del diagnóstico del modelo SIGMA 2018; las enriquece, al incorporar al inventario documental del proyecto el ejercicio de modelación más reciente disponible en el Ente Gestor.

5.2.1 Contexto, alcance y trazabilidad documental

El Modelo Ibagué V11 fue desarrollado en el marco de contratos de prestación de servicios profesionales de asesoría al SETP Ibagué S.A.S., cuyas obligaciones específicas incluyeron la asesoría en la estimación de CAPEX y OPEX del sistema, la estimación de ingresos, la construcción de un modelo conceptual de asignación de recursos entre agentes, el apoyo en la construcción del modelo financiero a la Dirección Financiera, el análisis de costo total de propiedad (TCO), el diseño de la tarifa técnica y de usuario, la evaluación de escenarios de sensibilidad y la identificación de riesgos.

El paquete documental revisado se compone de seis elementos: el archivo de cálculo (Modelo_Ibague_v11.xlsx), el Informe Financiero del SETP de Ibagué elaborado por la asesoría, la presentación de resultados (21 láminas), las notas de las sesiones diarias de trabajo del modelo financiero, cuadro comparativo de flota y análisis de CAPEX-OPX-TCO. Las notas de trabajo permiten trazar la evolución del ejercicio (al menos desde una versión V.9) y documentan decisiones metodológicas relevantes, entre ellas la incorporación de una utilidad fija proyectada del 1,5% del valor del vehículo dentro del flujo de caja para la estimación de la tarifa, y la inclusión de la recuperación de capital como componente de la tarifa técnica —decisiones que efectivamente se observan implementadas en el archivo bajo la partida “Recuperación de capital + Rentabilidad”.

Adicionalmente, los resultados asociados al componente de electrificación complementan la trazabilidad del Modelo Ibagué V11, al incorporar variables específicas sobre adquisición de flota eléctrica, mantenimiento, infraestructura de recarga y beneficios ambientales. En este sentido, el modelo considera el CAPEX por tipología vehicular —incluyendo bus, batería, aire acondicionado e infraestructura eléctrica—, compara escenarios diésel y eléctricos a partir del excedente neto de explotación, e identifica costos relevantes de mantenimiento e infraestructura de carga asociados a la operación eléctrica. Asimismo, el análisis ambiental evidencia beneficios por reducción de emisiones contaminantes y ruido urbano, lo que refuerza la necesidad de que el modelo financiero refleje de manera explícita los efectos de la transición tecnológica sobre CAPEX, OPEX, tarifa técnica, déficit tarifario y requerimientos de financiación pública.

El propio Informe Financiero de la asesoría delimita el alcance del ejercicio: se trata de un modelo de flujos de caja centrado en el operador de transporte y en los requerimientos de aporte público del sistema, que declara expresamente no contemplar la elaboración de estados financieros completos (Balance General y Estado de Resultados) y que adopta un horizonte de evaluación de quince (15) años. En consecuencia, el Modelo Ibagué V11 no fue concebido —ni debe ser evaluado— como un modelo integral multi-agente del tipo requerido por el Anexo Técnico del presente contrato, sino como una herramienta exploratoria de escenarios de transición de flota y de dimensionamiento del déficit tarifario.

5.2.2 Descripción de la arquitectura del modelo

A continuación, se identifica y caracteriza la arquitectura del Modelo Ibagué V11:

Tabla 33. Ficha técnica del Modelo Ibagué V11

Atributo	Valor identificado
Archivo	Modelo_Ibague_v11.xlsx (sin macros; formato xlsx)
Número de hojas	29 hojas (27 visibles y 2 ocultas: ESCENARIO 3 y ESCENARIO 4)

Atributo	Valor identificado
Fórmulas activas	30.982 fórmulas
Rangos nombrados	245 rangos, en su mayoría con nomenclatura no descriptiva heredada (p. ej. __IMP1013)
Vínculos a archivos externos	13 vínculos externos declarados en el paquete del archivo, dos de ellos con fórmulas activas
Errores activos de fórmula	331 celdas con error (#REF! y #DIV/0!), concentradas en hojas de escenarios
Horizonte de proyección	Mensual para 2025 (12 columnas) y anual 2026–2040; horizonte fijo, no parametrizable
Periodicidad	Mixta (mensual y anual) dentro de las mismas filas de cálculo
Escenarios	1 escenario base + 6 escenarios activos (2, 3 y 4, en variantes diésel y eléctrico), implementados por duplicación de hojas
Cálculo iterativo	Desactivado (sin iterate=True), a diferencia del modelo SIGMA 2018
Funciones volátiles	No se identificaron funciones OFFSET/DESREF ni INDIRECT/INDIRECTO
Alcance de agentes	Agente único (operador de transporte); no modela AOR, Ente Gestor ni fiduciaria como agentes con flujos independientes

Fuente: elaboración propia a partir del análisis automatizado del archivo Modelo_Ibague_v11.xlsx.

Desde el punto de vista funcional, el modelo se organiza en tres capas identificables, aunque sin separación estricta entre entradas, cálculos y salidas:

Tabla 34. Arquitectura funcional por capas del Modelo Ibagué V11

Capa	Hojas	Función
Entradas	SUPUESTOS MACROECONOMICOS; SUPUESTOS OPERACIONALES; CANASTA DE COSTOS POR TIPOLOGIA; ESTRUCTURA TARIFA; INVERSIONES (CAPEX); NOMINA; FLOTA	Variables macroeconómicas, proyección de flota y demanda, canasta de costos por tipología, estructura de la tarifa técnica bottom-up del año base 2025, CAPEX por tipología y nómina.
Cálculo	FLUJO DE CAJA SISTEMA (BASE); ESCENARIO 2/3/4 en variantes DIESEL y ELECT; DEUDA COSTOS REPOSICION; DEUDA ADQUISICION FLOTA (tres variantes); Costo salida Flota (cuatro variantes); Esquema de reposición; Esquema Reposición	Flujo de caja del operador por escenario; tablas de amortización de deuda de adquisición y reposición; costeo de la salida de flota por sobreoferta; cronogramas de reposición.
Salidas	Bloques de indicadores (TIR, VAN, tarifa técnica, déficit) embebidos al interior de cada hoja de escenario; PORTADA	No existe hoja de resultados consolidada ni panel comparativo de escenarios; los indicadores se leen dentro de cada hoja de cálculo.

Fuente: elaboración propia a partir del archivo Modelo_Ibague_v11.xlsx.

El escenario base parte de la estructura de costos del Ente Gestor con corte a diciembre de 2024, construida bottom-up por vehículo/mes conforme a la lógica de canasta de costos de la Resolución 4350 de 1998: para 2025 el modelo estima una Tarifa Técnica de $2.970,66 por pasajero frente a una Tarifa Usuario de $2.900, es decir, un déficit tarifario de $70,66 por pasajero. La demanda adoptada corresponde a una validación con registros operativos recientes: 169.218 pasajeros/día en 2025 y 171.000 pasajeros/día proyectados para 2026, con crecimientos posteriores tomados de las series del estudio SAIP IKON. Los escenarios 2 a 4 modelan combinaciones de salida del excedente de flota (en el marco de la reducción de capacidad transportadora del orden del 40% prevista en el Decreto Municipal 1000-0469 de 2023) y de entrada de flota nueva diésel o eléctrica en 2027 o 2029, incluyendo el costeo explícito de la salida de vehículos y la deuda asociada a la adquisición.

5.2.3 Evaluación bajo el estándar FAST

Aplicando el mismo checklist utilizado para el modelo SIGMA 2018, la evaluación del Modelo Ibagué V11 arroja el siguiente resultado sintético por principio. La convención de reporte es: ☑ Cumple / ⚠ Cumple parcialmente / ✗ No cumple.

Tabla 35. Evaluación FAST del Modelo Ibagué V11

Principio	Estado	Sustento de la evaluación
F — Flexible	✗	Los escenarios se implementan por duplicación manual de hojas (seis hojas activas más dos versiones obsoletas ocultas), en contravía directa del criterio de escenarios activables mediante selectores. El horizonte (2025–2040) es fijo y no parametrizable a ventanas de 5/10/15/20 años. Cambiar un supuesto estructural exige editar múltiples hojas gemelas, con alto riesgo de divergencia silenciosa entre versiones de fórmulas.
A — Appropriate	⚠	El nivel de detalle es proporcional al propósito exploratorio declarado (flujo de caja del operador y dimensionamiento del déficit). No se identificaron funciones volátiles (OFFSET/INDIRECT) y el uso de SI.ERROR es extendido (999 instancias). No obstante, el modelo replica detalle operacional (proyección de flota, kilómetros, frecuencias) que corresponde al modelo operacional SAIP IKON 2025, con riesgo de doble fuente de verdad.
S — Structured	✗	Existen hojas de entradas diferenciadas, pero el flujo de información no es unidireccional: se identificaron 10 pares de referencias bidireccionales entre las hojas de ESCENARIO y las hojas de DEUDA y de Costo de salida de flota. Las filas de cálculo mezclan periodicidad mensual (2025) y anual (2026–2040), rompiendo la consistencia de fórmulas por fila. Persisten hojas residuales (Hoja14, dos escenarios ocultos obsoletos con 232 errores #REF!) y no existe hoja de verificaciones (checks) ni panel consolidado de resultados.
T — Transparent	✗	Se identificaron más de 2.000 fórmulas con constantes numéricas embebidas sin celda de supuesto asociada. El archivo declara 13 vínculos externos, incluyendo dependencias activas de la hoja NOMINA hacia el archivo Anexo 21 – Modelo financiero con instructivo V3.xlsx (modelo SIGMA 2018) y un vínculo heredado al archivo FINANCIAL MODEL v30.xlsx —el mismo vínculo huérfano detectado en el diagnóstico del Capítulo 5—. No se aplica código de color FAST ni documentación sistemática de fuente y fecha en las celdas de input. Los indicadores TIR se reportan sin advertencia sobre flujos no convencionales ni cálculo de TIRM.

Fuente: elaboración propia. Checklist FAST aplicado conforme al numeral 4 de las instrucciones metodológicas del proyecto.

5.2.4 Análisis de coherencia interna y externa

Coherencia interna. El hallazgo de mayor materialidad corresponde a los indicadores de rentabilidad reportados en las hojas de escenario: el escenario base reporta una TIR de 98% E.A. junto con un VAN negativo de aproximadamente $140,8 millones; el Escenario 2 Eléctrico reporta una TIR de 1.695% con VAN negativo de $19,4 millones; y el Escenario 3 Diésel una TIR de 678% con VAN cercano a cero. La coexistencia de TIR extremas con VAN negativos o próximos a cero es matemáticamente sintomática de flujos de caja no convencionales (múltiples cambios de signo) o de rangos de referencia inconsistentes en las funciones de cálculo, y coincide con la lección metodológica ya documentada para el modelo SIGMA 2018: en ausencia de TIRM y del perfil del VPN, estos indicadores no son aptos para soportar decisiones de inversión o de política tarifaria.

Adicionalmente, la hoja de supuestos macroeconómicos mantiene dos trayectorias de inflación simultáneas y divergentes —una variable “Inflación” que converge al 3,0% desde 2026 y una variable “IPC” constante en 5,3% durante todo el horizonte— sin documentación del criterio de aplicación de cada una, lo que introduce ambigüedad en la indexación de costos e ingresos. También se observa

un salto no documentado del rendimiento de combustible diésel de 16 a 11,5 km/galón a partir de 2027, que incrementa el costo de combustible por kilómetro en cerca del 43% de un periodo a otro; de estar asociado a la entrada de flota nueva con aire acondicionado u otra especificación, el supuesto debe explicitarse con fuente.

Coherencia externa. Varios parámetros fiscales y financieros requieren actualización o verificación frente a la normativa y las condiciones de mercado vigentes, como se resume a continuación:

Tabla 36. Supuestos del Modelo Ibagué V11 que requieren verificación o actualización

Parámetro	Valor en el modelo	Referencia vigente	Observación
Tarifa de impuesto de renta	33%	35% (Ley 2155 de 2021, régimen general vigente)	Subestima la carga tributaria proyectada del operador.
Renta presuntiva	3% del patrimonio líquido	Tarifa 0% desde el año gravable 2021	Parámetro derogado en la práctica; debe eliminarse o llevarse a 0% con nota de fuente.
Tasa de préstamo COP y USD	12,5% E.A. plana, idéntica en ambas monedas	Por documentar (mercado 2025-2026)	Sin fuente ni diferenciación por moneda, plazo o perfil de riesgo; inconsistente con la equivalencia de tasas vía devaluación implícita.
TRM fin de periodo 2025	$3.150	TRM promedio del propio modelo: $4.082	Valor atípico frente a la serie del mismo modelo; probable error de digitación.
Tarifa Usuario proyectada 2026	$2.987 (indexación por inflación desde $2.900 de 2025)	Acto administrativo tarifario vigente del Municipio (por verificar)	El Capítulo 6 del diagnóstico (hoy 7) registra una TU de referencia de $3.300 para 2026 en Ibagué; la divergencia (~10%) debe conciliarse contra la resolución tarifaria vigente antes de usar la senda de ingresos.
Inflación de indexación	Dualidad Inflación 3,0% / IPC 5,3%	Metodología del proyecto: 3,0% (meta Banco de la República) como escenario base	La trayectoria del 3,0% es coherente con la metodología adoptada para el nuevo modelo; la serie paralela del 5,3% debe documentarse como sensibilidad o eliminarse.

Fuente: elaboración propia a partir del archivo Modelo_Ibague_v11.xlsx y del marco normativo referenciado. Los valores de mercado señalados como “por verificar” deben soportarse en fuentes oficiales (Banco de la República, DANE, actos administrativos municipales) al momento de la migración de insumos.

En contraste, el ejercicio presenta puntos de coherencia externa destacables: la demanda base fue validada contra registros operativos recientes (169.218 pasajeros/día en 2025) en lugar de adoptar acríticamente la proyección de 225.000 pasajeros/día hábil de los estudios de estructuración, y las trayectorias de crecimiento se anclan en las series del SAIP IKON, en línea con los lineamientos de actualización del presente contrato. Asimismo, el CAPEX por tipología se soporta en cotizaciones 2024–2025 (incluyendo valores de buses eléctricos y diésel suministrados por el equipo de Transmusical con base en Busscar, declarados como rango alto del estudio de mercado), lo cual constituye una referencia documental valiosa para el módulo de inversiones del nuevo modelo.

5.2.5 Hallazgos priorizados de la revisión complementaria

Con el fin de mantener la trazabilidad respecto del inventario de hallazgos del modelo SIGMA 2018 (H-01 a H-14), los hallazgos de la presente revisión se codifican con el prefijo HC (Hallazgo Complementario):

Tabla 37. Inventario de hallazgos — Modelo Ibagué V11

Código	Criticidad	Hallazgo	Implicación para el proyecto
HC-01	Alta	TIR reportadas de 98% a 1.695% E.A. coexistiendo con VAN negativos o próximos a cero en las hojas de escenario, sin TIRM ni advertencia de flujos no convencionales.	Los indicadores de rentabilidad del ejercicio no son utilizables para decisión. Toda cifra de TIR/VAN citada en documentos del Ente Gestor con origen en este modelo debe recalcularse en el nuevo modelo con TIRM y perfil del VPN.
HC-02	Alta	Escenarios implementados por duplicación manual de hojas (seis activas y dos obsoletas ocultas con 232 errores #REF!).	Riesgo de divergencia silenciosa entre escenarios; confirma la decisión de diseño del nuevo modelo de usar selectores centralizados de escenario (Enfoque adoptado en Etapa 2) en lugar de hojas gemelas.
HC-03	Alta	Dependencia activa de archivos externos: fórmulas de la hoja NOMINA vinculadas al archivo Anexo 21 V3 (modelo SIGMA 2018) y 13 vínculos externos declarados, incluido FINANCIAL MODEL v30.xlsx.	El modelo no es autónomo ni auditable de forma independiente; hereda la patología de vínculos huérfanos diagnosticada al SIGMA 2018. Los valores de nómina deben internalizarse antes de cualquier uso.
HC-04	Alta	Parámetros fiscales desactualizados: renta al 33% (vigente 35%) y renta presuntiva al 3% (tarifa 0% desde 2021).	Sesgo a la baja en la carga tributaria y distorsión del flujo de caja neto del operador en todos los escenarios.
HC-05	Media	10 pares de referencias bidireccionales entre hojas de ESCENARIO y hojas de DEUDA / Costo de salida de flota.	Flujo de información no unidireccional (FAST-S); dificulta la auditoría del orden de cálculo, aunque —a diferencia del SIGMA 2018— el archivo no requiere cálculo iterativo.
HC-06	Media	Periodicidad mixta mensual (2025) y anual (2026–2040) en las mismas filas de cálculo.	Rompe la consistencia de fórmulas por fila y eleva el riesgo de errores de agregación (por ejemplo, sumar meses con años); el nuevo modelo mantiene periodicidad anual homogénea con módulo de deuda mensualizado por separado.
HC-07	Media	Más de 2.000 fórmulas con constantes embebidas y 245 rangos nombrados heredados con nomenclatura no descriptiva.	Baja trazabilidad (FAST-T); las constantes relevantes deben extraerse a celdas de supuesto con fuente y fecha durante la migración de insumos.
HC-08	Media	Dualidad de trayectorias de inflación (3,0% vs. 5,3%) sin criterio de aplicación documentado.	Ambigüedad en la indexación de costos e ingresos; debe resolverse conforme a la metodología macroeconómica del nuevo modelo (3,0% base; conjuntural para estrés).
HC-09	Media	Salto no documentado del rendimiento diésel de 16 a 11,5 km/galón desde 2027 (+43% en costo de combustible por km).	Supuesto material sin fuente; verificar si corresponde a especificación de flota

Código	Criticidad	Hallazgo	Implicación para el proyecto
			nueva (p. ej. aire acondicionado) y documentarlo.
HC-10	Media	TU 2026 proyectada en $2.987 por indexación, frente a la referencia de $3.300 registrada en el diagnóstico para Ibagué 2026.	Divergencia de ~10% en la variable de ingreso principal; conciliar contra el acto administrativo tarifario vigente antes de migrar la senda de ingresos.
HC-11	Baja	331 errores activos (#REF!, #DIV/0!), concentrados en hojas obsoletas ocultas y en los escenarios 3 diésel/eléctrico.	Zonas residuales que generan desconfianza en la lectura; depurar o documentar como obsoletas.
HC-12	Baja	Ausencia de hoja de resultados consolidada, de hoja de checks y de código de color; hojas residuales sin función (Hoja14) y nomenclatura duplicada (Esquema de reposición / Esquema Reposición).	Deficiencias de estructura y documentación que limitan la apropiación del ejercicio por el Ente Gestor.

Fuente: elaboración propia a partir del análisis automatizado y la revisión manual del archivo Modelo_Ibague_v11.xlsx.

5.2.6 Elementos aprovechables para construcción del nuevo modelo

No obstante, las limitaciones estructurales señaladas, el ejercicio de la asesoría aporta insumos de valor que el diagnóstico incorpora al inventario documental del proyecto y que deben migrarse de forma controlada al nuevo modelo VE SETP TransMusical:

Tabla 38. Insumos del Modelo Ibagué V11 aprovechables en la Etapa 2

Insumo	Descripción y valor	Destino en el nuevo modelo
Demanda validada 2025–2026	169.218 pasajeros/día (2025, registros operativos) y 171.000 pasajeros/día (2026), con crecimientos SAIP IKON. Contraste empírico frente a la proyección de estructuración de 225.000 pax/día hábil.	Punto de calibración del escenario Conservador de demanda (selector L9 de la hoja Escenario).
Estructura de costos del año base	Canasta bottom-up por vehículo/mes con corte a diciembre de 2024 (estructura de costos del Ente Gestor), TT 2025 de $2.970,66 vs. TU de $2.900 (déficit de $70,66/pax).	Validación del año base de la tarifa técnica por tipología (hojas Input CK y CK).
Costeo de la salida de sobreoferta	Modelación explícita del costo de salida de flota (cuatro hojas dedicadas) y del aporte por disminución de sobreoferta del Decreto 1000-0469 de 2023, dimensión no cubierta por el modelo SIGMA 2018.	Referencia para el tratamiento de la transición de flota y sus costos en los módulos AOT.
CAPEX con cotizaciones 2024–2025	Valores por tipología con soporte de mercado (Busscar/Transmusical, rango alto de cotizaciones) y análisis TCO diésel vs. eléctrico.	Contraste del CAPEX del módulo de inversiones y del análisis de transición eléctrica (riesgo R-22 de la Matriz de Riesgos).
Esquemas de deuda de adquisición y reposición	Tablas de amortización por escenario para la compra y renta de flota, con costo financiero explícito.	Referencia de estructuración del módulo de deuda del nuevo modelo.
Matrices de riesgos y recomendación de FET	Identificación de riesgos financieros, operativos e institucionales con probabilidad, impacto y	Insumo de contraste para el entregable E.3.2 (Matriz de Riesgos) y para el

Insumo	Descripción y valor	Destino en el nuevo modelo
	mitigación; recomendación de constitución del Fondo de Estabilización Tarifaria con reglas de gobernanza.	tratamiento del FET en el nuevo modelo.

Fuente: elaboración propia.

5.2.7 Clasificación del modelo y articulación con el diagnóstico

Con base en la evaluación FAST, el inventario de hallazgos HC-01 a HC-12 y el alcance declarado por la propia asesoría, el Modelo Ibagué V11 se clasifica como:

MODELO PARCIALMENTE FUNCIONAL DE ALCANCE RESTRINGIDO — herramienta exploratoria de escenarios de transición de flota y de dimensionamiento del déficit tarifario, no apta como instrumento integral de planeación financiera del sistema.

Esta clasificación se sustenta en que el ejercicio: (i) cubre un único agente y declara expresamente no producir estados financieros completos, por lo que no satisface los requisitos de coherencia contable FCL–Estado de Resultados–Balance General del Anexo Técnico; (ii) presenta indicadores de rentabilidad que no resultan plenamente ajustables a las condiciones actuales del sistema, debido a la pérdida de vigencia de los insumos utilizados en las corridas de modelación (HC-01) y, adicionalmente, mantiene dependencias externas activas, incluida una conexión con el propio modelo SIGMA 2018 previamente diagnosticado (HC-03); (iii) implementa escenarios por duplicación de hojas con horizonte fijo 2025–2040, incompatible con el horizonte 2027–2046 y las ventanas parametrizables de 5, 10, 15 y 20 años exigidas al nuevo modelo; y (iv) incumple de manera sustancial los principios Flexible, Structured y Transparent del estándar FAST..

La revisión complementaria confirma, por una vía independiente, dos conclusiones del diagnóstico principal. Primera: la necesidad de la reconstrucción integral del modelo financiero del SETP, pues ni el modelo SIGMA 2018 ni el ejercicio de la asesoría cumplen las condiciones para operar como instrumento oficial de planeación, auditoría y actualización por parte del Ente Gestor. Segunda: la recurrencia de las mismas patologías de modelación —constantes embebidas, vínculos externos huérfanos, escenarios no parametrizados, TIR sin tratamiento de flujos no convencionales— evidencia que dichas deficiencias no son incidentales sino estructurales en los ejercicios previos del sistema, lo que refuerza la pertinencia de adoptar el estándar FAST, el código de color, la hoja de verificaciones y los selectores centralizados de escenario como requisitos de aceptación del nuevo modelo.

Finalmente, en materia de gobernanza de la información, se recomienda al Ente Gestor: (i) tratar el Modelo Ibagué V11 y su informe como documentos de referencia y contraste, absteniéndose de citar sus indicadores de rentabilidad en gestiones ante la Nación mientras no sean recalculados en el nuevo modelo; (ii) custodiar el paquete documental de la asesoría dentro del repositorio del entregable E.3.4 con la nomenclatura homogénea del proyecto.

6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES CRÍTICAS A ACTUALIZAR

Las siguientes variables presentan las mayores desviaciones respecto a los supuestos de los modelos base (2018-2019; 2025) y tienen impacto directo y verificable sobre los indicadores de viabilidad financiera del sistema. Su actualización es condición necesaria para que el nuevo modelo refleje la realidad económica del SETP Ibagué en 2026.

VARIABLE	CATEGORÍA	VALOR MODELO 2018-2019	VALOR REAL 2025-2026	DESVIACIÓN	IMPACTO EN EL MODELO	FUENTE ACTUALIZACIÓN	PRIORIDAD
Tasa DTF E.A.	Macroeconómica	5,15%	~9,0% - 9,5% (2025)	**+390 a +440 pb**	Incremento del 15-25% en servicio de deuda mensual por vehículo. Presión sobre TIR accionista.	Banco de la República - Tasas de referencia	**CRÍTICA**
Salario Mínimo Legal	Laboral/Operativa	$781.242 (2018)	$1.750.905 (2026)	**+124%**	Costo nómina/veh/mes: $5.99M → ~$13.4M (+124%). Mayor factor de presión sobre tarifa técnica.	Banrep / DANE / Min. Trabajo	**CRÍTICA**
Costo Conductor por Turno	Laboral/Operativa	$1.800.000/turno	~$4.023.000/turno (2026)	**+124%**	Impacto directo en canasta de costos. Incluir Ley 2466/2025 (recargos nocturnos/dominicales).	Banrep / Convenios colectivos	**CRÍTICA**
Precio ACPM/Diésel	Combustibles	$8.300/galón	~$11.062/galón (2026)	**+33%**	Costo combustible/km: $771 → ~$1.027/km. Costo variable total/km: +17%.	SICOM - Precios Combustibles	**CRÍTICA**

VARIABLE	CATEGORÍA	VALOR MODELO 2018-2019	VALOR REAL 2025-2026	DESVIACIÓN	IMPACTO EN EL MODELO	FUENTE ACTUALIZACIÓN	PRIORIDAD
Precio GNVC (Gas Natural)	Combustibles	$1.534/equiv. (2018)	~$3.326/equiv. (2026)	**+117%**	Altera ventaja comparativa GNVC vs. diésel. Revisión crítica de la canasta energética del parque.	SICOM / CREG	**CRÍTICA**
Inflación / IPC Anual	Macroeconómica	3% (meta BanRep)	5,1% - 5,2% (2024-2025)	**+200 pb**	Ajuste tarifario proyectado de $100/año. Brecha ingresos-egresos más amplia de lo modelado.	DANE - IPC / BanRep Informes	**ALTA**
Tarifa al Usuario	Ingresos	$2.500/pasaje (proy. 2024)	$3.300/pasaje (Ibagué 2026)	**+32% (+$800)**	Factor parcialmente compensador del alza de costos. Pero insuficiente frente al +124% en nómina.	SETP Ibagué / Ente Gestor / MinTransporte	**ALTA**
Precio Adquisición Flota	CAPEX	Referencia 2018-2019 sin fuente documentada	Actualización requerida con cotizaciones 2025-2026	**Sin cuantificar (pendiente)**	Impacto directo sobre CAPEX, estructura de deuda, flujo de caja libre y TIR del proyecto.	RUNT / FASECOLDA / Fabricantes autorizados	**ALTA**
TIR Accionista Requerida (CAPM)	Financiera	13% E.A. real	Revisión requerida con nuevas tasas de mercado	**Pendiente recalibración**	Con DTF ~9.5%, el costo de la deuda (70% financiado) supera supuestos base. Presión al alza en tarifa técnica.	BanRep / BVC / Damodaran para mercados emergentes	**ALTA**

VARIABLE	CATEGORÍA	VALOR MODELO 2018-2019	VALOR REAL 2025-2026	DESVIACIÓN	IMPACTO EN EL MODELO	FUENTE ACTUALIZACIÓN	PRIORIDAD
Remuneración Op. Tecnológico	Ingresos Agentes	$302M/mes fijo + $51.63/pasajero	Sin actualización post-2019	**Sin cuantificar (7 años)**	Horizonte modelado solo 12 años. Ingresos variables sensibles a demanda real vs. proyectada constante.	Contratos vigentes SETP Ibagué / Auditoría operativa	**ALTA**
Demanda de Pasajeros/día	Operativa/Demanda	225.711 pax/día (constante 2024-2050)	Dato real de operación 2024-2026 no verificado en modelo	**Demanda plana: supuesto sin validar**	Supuesto de demanda constante. Impacta directamente ingresos y tarifa de equilibrio.	SAIP IKON 2025 / Conteos operacionales SETP	**ALTA**
Costo Mantenimiento / Vehículo	Costos Operativos	$2.000.000/mes (embebido en fórmula, sin fuente)	Sin actualización. Valor hardcodeado en celda F138	**Sin cuantificar**	Impacto directo en canasta de costos y TIR del operador (12.49%/13.22%). Requiere extracción a hoja de supuestos.	Registros de mantenimiento operadores / RUNT	**MEDIA**
% Kilómetros en Vacío	Operativa	5% (plano, todas las tipologías, sin argumento técnico)	Sin actualización con datos operativos reales	**Dato no validado operacionalmente**	Afecta kilómetros productivos del sistema y eficiencia operacional de la flota.	SAIP IKON 2025 / GPS operacional	**MEDIA**
% Reserva de Flota	Operativa	8% (plano, sin respaldo metodológico)	Sin actualización con datos operativos reales	**Dato no validado operacionalmente**	Determina tamaño total de la flota y CAPEX de inversión inicial.	SAIP IKON 2025 / Estándares SETP nacionales	**MEDIA**

Nivel de Desviación: ■ Crítica (>80% desviación) ■ Alta (30-80% desviación) ■ Favorable (mejora vs. proyección)

7. CONCLUSIONES

El estudio de estructuración técnica, legal y financiera del SETP de Ibagué representa un trabajo técnico riguroso para su momento, con supuestos macroeconómicos coherentes con el entorno de 2018–2019. Sin embargo, el período transcurrido ha generado cambios estructurales en las variables económicas colombianas que alteran sustancialmente la viabilidad financiera original:

- Las variables de mayor impacto crítico son: (i) el costo de la nómina operativa, que se ha incrementado un 2.4X por los aumentos del salario mínimo; (ii) el precio del combustible (+91%); y (iii) el costo del endeudamiento financiero (DTF casi duplicada).
- La tarifa al usuario real en ciudades colombianas comparables ($3.200–$3.400 en 2025) supera en 28–36% la proyección del estudio para 2024 ($2.500), lo que constituye un factor a considerar en cuanto a la compensación del mayor crecimiento de los costos.

De igual manera, el análisis del modelo financiero permite identificar varias inconsistencias estructurales que pueden afectar la interpretación de los resultados financieros del sistema, entre las cuales se destacan:

1	Desalineación entre el plazo contractual (30 años) y el horizonte modelado (27 años).
2	Diferencias en los horizontes de evaluación: el operador de transporte se evalúa sobre flujos modelados del sistema, mientras que el operador tecnológico se evalúa únicamente sobre 12 años.
3	Inicio temprano de ingresos en el año de inversión, lo cual reduce el impacto del CAPEX inicial.
4	Horizonte corto de evaluación del operador tecnológico, que puede generar una sobreestimación de la TIR.

La evaluación de los diferentes agentes se debe evaluar con el mismo horizonte de evaluación de 20 años.

El diagnóstico del modelo SIGMA 2018 y los insumos del SETP Ibagué 2025 ha revelado dos **lecciones metodológicas críticas interconectadas** sobre precisión financiera que deben institucionalizarse en el nuevo modelo: la periodicidad mensual en la amortización de deuda y la medición correcta de rentabilidad mediante TIRM cuando los flujos de caja presentan múltiples cambios de signo.

Durante el análisis técnico se identificaron dos deficiencias cuantificables:

Primera lección — Precisión en Cálculo de Deuda: Una deuda de $1.000 millones COP al 12% E.A. amortizada en 3 años presenta sobreestimación de costos financieros del **36,7% ($64,5 millones)** cuando se utiliza horizonte anual versus mensual. Extrapolado a los cuatro agentes del SIGMA 2018, esta deficiencia acumula aproximadamente **$4.200 millones COP de error** que distorsiona artificialmente el costo de la deuda para calcular el costo de capital promedio ponderado, el flujo de tesorería, la medición de cobertura a la deuda del agente.

Segunda lección — Medición de Rentabilidad: El Flujo de Caja Libre del Operador Convencional presenta tres cambios de signo (patrón -+---++++++), condición que invalida la función IRR() estándar de Excel porque produce múltiples valores matemáticamente válidos. El modelo reportaba TIR del 15,86% sin advertencia sobre esta indeterminación, potencialmente engañando a tomadores de decisión sobre la rentabilidad real del proyecto.

Estas deficiencias deben subsanarse en el nuevo modelo mediante las siguientes acciones concretas:

- **Adoptar periodicidad mensual en todas los cálculos de amortización de la deuda** desactivando cálculo iterativo (iterate=False) para evitar sobreestimación de costos financieros
- **Utilizar TIRM (Tasa Interna de Retorno Modificada) como indicador primario** cuando se detecten múltiples cambios de signo.

De esta forma, el nuevo modelo garantiza que los costos financieros se midan sin sesgo de periodicidad y que la rentabilidad se reporte sin ambigüedad, permitiendo que auditores externos, el Ente Gestor y tomadores de decisión comprendan que estas precisiones no son complejidades innecesarias sino **resguardos contra errores materiales** que afectan decisiones estratégicas sobre viabilidad del SETP.

En desarrollo de la descripción y mapeo de los modelos financieros existentes, se identificó que el estudio de estructuración técnica, legal y financiera del SETP de Ibagué fue construido con supuestos macroeconómicos coherentes con el entorno de 2018–2019. Sin embargo, el periodo transcurrido ha generado cambios significativos en variables críticas del mercado colombiano, particularmente en el costo de la nómina operativa, el precio del combustible y el costo del endeudamiento financiero. Estas variaciones afectan de manera directa la sostenibilidad financiera originalmente estimada y justifican la necesidad de actualizar los supuestos base del modelo.

En línea con los criterios de la metodología FAST, el diagnóstico evidencia que el modelo requiere mejoras en su estructura, transparencia, flexibilidad y trazabilidad. En particular, se recomienda que la evaluación financiera de los agentes se realice bajo un horizonte común y consistente, preferiblemente de veinte años, de manera que los resultados sean comparables y reflejen adecuadamente las condiciones económicas y contractuales del sistema. Asimismo, el modelo debe permitir identificar con claridad los supuestos de entrada, las fórmulas de cálculo, los vínculos entre hojas, los escenarios evaluados y los resultados obtenidos.

El diagnóstico del modelo SIGMA 2018 y de los insumos del SETP Ibagué 2025 permitió identificar dos lecciones metodológicas relevantes para la reconstrucción del modelo financiero. La primera corresponde a la necesidad de adoptar periodicidad mensual en los cálculos de amortización de deuda, dado que el uso de horizontes anuales puede generar sobreestimaciones relevantes en los costos financieros y distorsionar indicadores como el costo de la deuda, el flujo de tesorería y la cobertura del servicio de la deuda. La segunda corresponde a la necesidad de utilizar la Tasa Interna de Retorno Modificada —TIRM— cuando los flujos de caja presenten múltiples cambios de signo, evitando interpretaciones ambiguas o potencialmente erróneas de la rentabilidad del proyecto.

En consecuencia, la actualización y reconstrucción del modelo financiero debe incorporar criterios técnicos orientados a corregir errores activos, mejorar la consistencia metodológica y fortalecer su utilidad como herramienta de planeación. Para ello, se recomienda adoptar una estructura modular, auditable y flexible; desactivar el cálculo iterativo cuando no sea necesario; implementar cálculos financieros con periodicidad mensual; utilizar indicadores de rentabilidad adecuados según la naturaleza de los flujos; y documentar de forma explícita los supuestos, fuentes, fórmulas y escenarios utilizados.

En conjunto, los resultados del diagnóstico confirman la necesidad de actualizar el modelo financiero del SETP de Ibagué bajo una metodología que garantice coherencia interna, consistencia externa, trazabilidad documental y capacidad de análisis de escenarios. Esta actualización permitirá contar con una herramienta más transparente y confiable para evaluar la sostenibilidad financiera del sistema, estimar requerimientos de financiación pública, analizar impactos tarifarios, valorar alternativas tecnológicas y soportar la toma de decisiones estratégicas por parte del Ente Gestor y demás actores involucrados.

8. BIBLIOGRAFÍA (Agregar)

Banco de la República. (s.f.). *Catálogo de datos estadisticas economicas*. Obtenido de https://suameca.banrep.gov.co/estadisticas-economicas/catalogo

Cantoral, R., & Ferrari, M. (2009). La predicción y la regla de los signos de Descartes. Mexico.

Congreso de la República. (s.f.). *Ley 2466 de 2025*. Obtenido de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=260676

SICOM. (s.f.). *sistema de información de la cadena de distribución de combustibles del Ministerio de Minas y Energía*. Obtenido de Datos Abiertos: https://sicom.gov.co/index.php/component/k2/item/669/acerca-de-sicom

SIGMA, G. (2019). *INFORME FINAL ETLF SETP IBAGUÉ*.

SETP TRANSMUSICAL, (2025). *MODELO FINANCIERO V11*.