



## Diseño e implementación de sistemas de transporte por cable para comunidades de difícil acceso



# Diseño e implementación de sistemas de transporte por cable para comunidades de difícil acceso

Título:

Diseño e implementación de sistemas de transporte por cable para comunidades de difícil acceso

Depósito Legal: DC2019000307

ISBN: 978-980-422-135-4

Editor: CAF

Vicepresidencia de Infraestructura

Antonio Pinheiro Silveira, Vicepresidente Corporativo

Sandra Conde, Directora de Análisis y Evaluación Técnica de Infraestructura

Autores:

Artelia

DCSA Ingenieur Conseil

ISTC

Equipo CAF:

Soraya Azán

Milnael Gómez

Daniela Zarichta

Consultores:

Juan Pablo Bocarejo

Julio César Chávez

Equipo Afd Bogotá:

Manon Goutorbe, Encargada de Proyectos de Desarrollo urbano y transporte

Natalia Cárdenas, Responsable de Desarrollo Urbano e Infraestructura

Pierre Jamin, Encargado de Proyectos de Desarrollo urbano y transporte

Equipo Afd París:

Arnaud Dauphin, Jefe de Proyectos de Transporte

Priscille De Coninck, Jefe de Proyectos de Transporte

Jérémie Bonhomme, Coordinador para Perú/Bolivia/Argentina

Dominique De Longevialle, Jefe de Proyectos de Transporte

Diseño gráfico: Estudio Bilder / Buenos Aires

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen la posición oficial de CAF.

La versión digital de este libro se encuentra en: [scioteca.caf.com](http://scioteca.caf.com)

© 2018 Corporación Andina de Fomento Todos los derechos reservados

# Índice

<b>1 Introducción</b>	7
<b>2 Objetivos</b>	9
<b>3 Ciclo de desarrollo de un proyecto de transporte por cable aéreo</b>	11
Etapa de Pre-Inversión	12
Etapa de Inversión	14
Etapa de Operación	23
<b>4 Sistemas de Transporte por Cable en Latinoamérica</b>	25
<b>5 Identificación de Tecnologías</b>	29
<b>6 Integración Urbana y con Otros Modos de Transporte</b>	33
<b>7 Evaluación Socio-ambiental de los Sistemas de Transporte por Cable</b>	39
<b>8 Organización Institucional</b>	41
<b>9 Bibliografía</b>	45

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1</b>	Ciclo de Desarrollo de un Proyecto	12
<b>Gráfico 2</b>	Etapa de Pre-Inversión	13
<b>Gráfico 3</b>	Etapa de Inversión	14
<b>Gráfico 4</b>	Estudios y Diseños	15
<b>Gráfico 5</b>	Consideraciones al Diseño Arquitectónico de las Estaciones	17
<b>Gráfico 6</b>	Descripción de la Conformación de Áreas	18
<b>Gráfico 7</b>	Contratación y Construcción	19
<b>Gráfico 8</b>	Descripción del Proceso de Licitación y Contratación	20
<b>Gráfico 9</b>	Etapa de Operación	24
<b>Gráfico 10</b>	Objetivos Principales en Cada Sistema Evaluado	26
<b>Gráfico 11</b>	Características de los STC en Latinoamérica	27
<b>Gráfico 12</b>	Clasificación de los Sistemas de Transporte por Cable	30
<b>Gráfico 13</b>	Teleférico de movimiento continuo en 2 tramos	31
<b>Gráfico 14</b>	Factores de Integración	34
<b>Gráfico 15</b>	Criterios de Integración de los STC	34
<b>Gráfico 16</b>	Etapas de la Evaluación Socio-ambiental de los STC	41
<b>Gráfico 17</b>	Clasificación de las Sociedades en un STC Según Aportes	45

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Principales Entregables del Estudio de Factibilidad	13
<b>Tabla 2</b>	Contenidos Mínimos a ser Considerados en Estudios y Diseños	16
<b>Tabla 3</b>	Aspectos de la Etapa de Licitación y Contratación	21
<b>Tabla 4</b>	Aspectos de la Etapa Constructiva	22
<b>Tabla 5</b>	Aspectos a Tener en Cuenta Antes de la Operación	24
<b>Tabla 6</b>	Aspectos a considerar en la Integración Técnica	35
<b>Tabla 7</b>	Aspectos a considerar en la Integración Urbana	37
<b>Tabla 8</b>	Aspectos a considerar en la Integración Medio-Ambiental	38
<b>Tabla 9</b>	Aspectos a considerar en la Integración Económica y Social	39
<b>Tabla 10</b>	Caracterización de las Empresas Operadoras en los STC Latinoamericanos	47

# 1 Introducción

En las primeras décadas del siglo XXI, los Sistemas de Transporte por Cable (STC) se han convertido en una alternativa de solución al problema de la movilidad urbana, especialmente en sectores con difícil accesibilidad o con obstáculos geográficos imposibles de resolver mediante el transporte terrestre convencional.

Esta situación se observa a menudo en ciudades latinoamericanas que han crecido de forma acelerada, desordenada y sin un adecuado planeamiento urbano, ocupando zonas de difícil acceso, con pocas o nulas condiciones para la operación del transporte público, lo que configura, no sólo un grave problema de movilidad, sino también un problema de inequidad social.

Es así, que los STC surgen como una alternativa para solucionar las necesidades de movilidad urbana, a la vez que se convierten en una herramienta fundamental para promover la integración social y el desarrollo de ciudades sostenibles y equitativas.

La trascendencia, aceptación, integración y éxito de estos sistemas depende del entendimiento de las necesidades de la población y del proceso que lo compone; el cual va, desde la concepción y diseño del sistema, hasta su ejecución y operación. En ese sentido, los organismos y/o entidades que promuevan este tipo de proyecto, deberán tener una mirada holística respecto de su implementación. La trascendencia de los STC en el entorno latinoamericano, obedece a que países como Bolivia, Brasil, Colombia y Venezuela han adoptado el STC como la alternativa idónea para suplir las necesidades no cubiertas con los sistemas de transporte público convencional y de esta forma mejorar la conectividad entre zonas de difícil acceso en sus ciudades.

# 2

## Objetivos

El estudio "Diseño e Implantación de Sistemas de Transporte por Cable para Comunidades con Díficil Acceso" como modo de transporte en América Latina, busca que las autoridades locales y nacionales, comprendan el proceso de implementación de estos sistemas. De acuerdo con ello, los objetivos de esta guía son:

- Presentar una revisión de especificaciones, normas técnicas y de seguridad para el diseño, construcción y operación de STC;
- Presentar las diferentes tecnologías de cable disponibles, sus ventajas, capacidad y limitaciones;
- Evaluar los impactos positivos y negativos de su operación a nivel social y ambiental;

- Hacer recomendaciones para la integración urbana y la integración con el resto de la red de transporte público y los modos no motorizados;
- Hacer recomendaciones sobre aspectos institucionales para la operación y mantenimiento de los STC;
- Hacer recomendaciones específicas para los casos estudiados en América Latina;
- Identificar los proyectos de transporte por cable que se estén planificando en la región;

Para alcanzar los objetivos previstos, el estudio ha sido elaborado considerando las experiencias de los STC instalados y en operación en Latinoamérica, además de una recopilación de buenas prácticas de movilidad en el contexto regional e internacional.

# 3

## Ciclo de desarrollo de un proyecto de transporte por cable aéreo

Para llevar adelante un proyecto de Transporte por Cable Aéreo (TCA) se deben dar una serie de pasos. En general, se destacan tres etapas básicas: pre-inversión, inversión y operación. En la primera, se desarrollan las tareas de diagnóstico, formulación, evaluación ex-ante y programación, que se asocian al desarrollo de la idea del proyecto, el estudio del perfil, el análisis de pre-factibilidad y factibilidad. En la segunda se desarrolla la etapa de diseño, contratación y construcción. Finalmente, la tercera etapa, comienza con la puesta en marcha del sistema y con la operación comercial.

**Gráfico 1**  
Ciclo de Desarrollo de un Proyecto



Es importante que exista un claro entendimiento del ciclo de desarrollo de un proyecto de TCA y de los posibles problemas y dificultades que se presentan dentro de la etapa de pre-inversión e inversión. A cada actividad de las distintas etapas corresponde una decisión y a medida que avanza de una a otra etapa las decisiones tomadas implican un mayor compromiso técnico, económico y social, volviéndose irreversibles; de ahí la importancia de que la concepción, estudio y ejecución de este tipo de proyectos sea ejecutado por empresas con amplia experiencia y "Know How" en el desarrollo específico de proyectos de TCA para el transporte urbano de pasajeros.

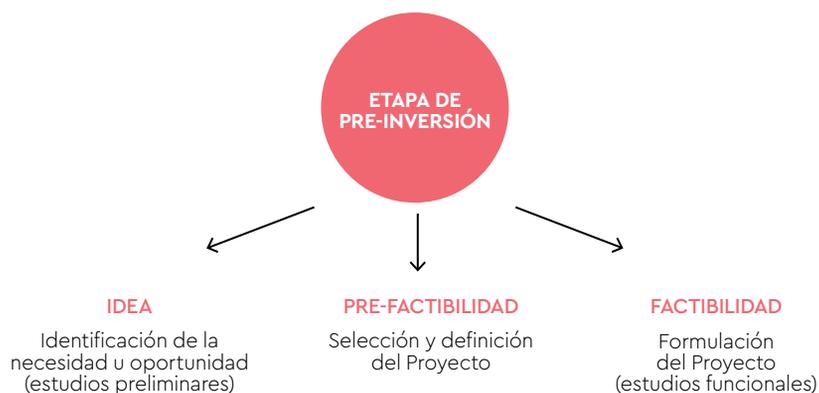
A continuación detallaremos los aspectos más relevantes de las etapas mencionadas.

## Etapa de Pre-Inversión

Un proyecto de transporte por cable aéreo debe desarrollarse a través de un ejercicio sucesivo de análisis, con el objetivo de profundizar en el entendimiento de la información disponible e ir creando un árbol de decisiones

que indique los caminos adecuados para la materialización del proyecto. Para este fin, en la etapa de pre-inversión es primordial cubrir una serie de acciones, que comienza con la identificación de la idea del proyecto, pasa por los estudios de pre-factibilidad y factibilidad y termina en la decisión de llevar a cabo el proyecto.

**Gráfico 2**  
**Etapa de Pre-Inversión**



**Tabla 1**  
**Principales Entregables del Estudio de Factibilidad**

**Selección del trazado idóneo:** Una de las decisiones de mayor relevancia y trascendencia dentro del desarrollo de un proyecto de TCA, corresponde a la selección del trazado idóneo que permita satisfacer, en la mejor y mayor medida, las necesidades de una comunidad y potenciar una mejora en la movilidad y en sus indicadores sociales. Dentro de esta selección se deben evaluar y considerar multiplicidad de factores técnicos (Lotes para la implantación de pilonas y estaciones, aspectos urbano-arquitectónicos, características del corredor), económicos (Inversiones previas, inversiones de ejecución, traslado de líneas de energía y comunicaciones, altura de torres) y urbano-prediales (posibilidad de adquisición de lotes de terreno, de acuerdo a tipo de tenencia y uso).

**Valoración de la demanda:** Se debe disponer de un estudio de movilidad, el cual permita contar con: una estimación de la demanda de usuarios, el potencial de viajes generados-atraídos, el área de cobertura del proyecto y la participación en el mercado de transporte público colectivo una vez que entre en operación el sistema.

**Presupuesto de Inversiones:** Los costos correspondientes a la ejecución del proyecto forman parte de los gastos de capital previos a la entrada en operación del proyecto, los cuales se estiman luego de elaborado el estudio de factibilidad. El grado de aproximación y de confiabilidad de las diferentes cifras estimadas depende del nivel de estudio que se tenga al respecto, de acuerdo con el alcance del estudio de factibilidad.

**Selección de la tecnología:** Para dar cumplimiento a los requerimientos y exigencias del TCA, se requiere de tecnología de punta en diseño y fabricación de cables aéreos, la cual permita cumplir con las necesidades de movilidad y transporte que se ajusten a las condiciones y exigencias propias del difícil acceso de las ciudades latinoamericanas.

Continúa →

**Valoración del impacto Socio – Ambiental:** Como soporte primordial a la decisión de acometer el proyecto, se debe realizar una valoración del impacto Socio – Ambiental que el proyecto generará, tales como el mejoramiento de la movilidad en el servicio de transporte público, generación de empleo, acceso de las comunidades al sistema de salud y educación, inclusión social, disminución de índices de violencia y desigualdad, reducción de emisiones de gases contaminantes, apertura de nuevos espacios turísticos, entre otros. La adecuada valoración de los posibles impactos Socio – Ambientales, será el principal indicador que soporte y sustente la ejecución y desarrollo del proyecto de TCA.

**Consideraciones de Integración:** Dentro de esta fase es importante que se realicen valoraciones y se establezcan premisas sobre la integración del TCA con los demás modos de transporte presentes en la ciudad o área metropolitana (Metro, BRT, Cable, Buses, Otros); bajo la idea de proporcionar una diversidad de modos de transporte suficientemente eficaces para satisfacer, en la medida de lo posible, las necesidades de cada usuario. En esta etapa se deben analizar aspectos como la integración física, integración tarifaria, sistema de información, entre otros.

**Evaluación de las Inversiones:** Dentro de esta etapa, se deben considerar una serie de criterios que permitan evaluar la conveniencia o pertinencia en la ejecución de un proyecto TCA. Algunos de estos criterios son:

- Reducción de costos de funcionamiento del sistema de transporte;
- Reducción de tiempo total de desplazamiento;
- Mejoramiento de la seguridad;
- Minimización del impacto ambiental;
- Rentabilidad de la inversión;
- Mejoramiento de la accesibilidad;
- Equidad social;
- Eficiencia energética.

## Etapa de Inversión

Corresponde al periodo de realización del proyecto. Se inicia cuando se toma la decisión de invertir y llevarlo a cabo, y termina cuando se concluye la ejecución satisfactoria de las obras, el montaje de las instalaciones y se toma la decisión de iniciar la fase operacional.

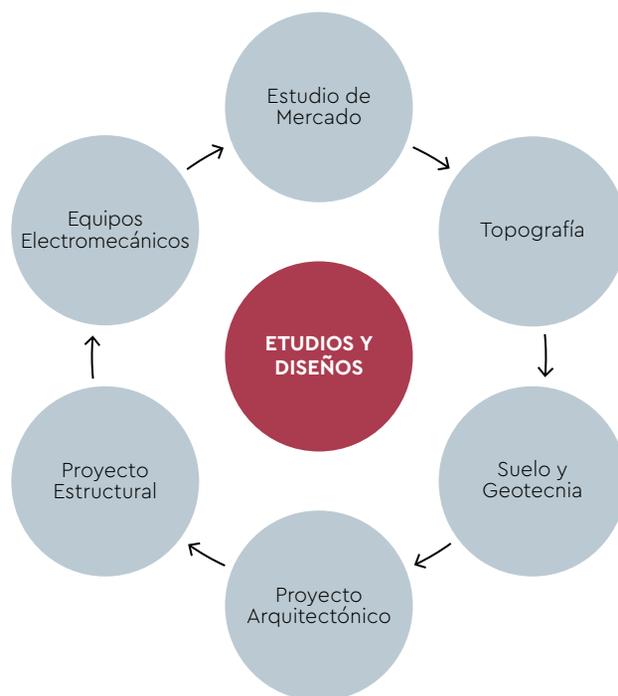
**Gráfico 3**  
Etapa de Inversión



## Estudios y Diseños

Dentro del desarrollo de un proyecto de TCA se pueden considerar; entre otros, los siguientes estudios a nivel de detalle: 1) Estudio del mercado (demanda), 2) Estudio topográfico, 3) Estudio Geotécnico, 4) Estudio Predial, 5) Estudio arquitectónico, 6) Estudio de ingeniería: estructurales, hidrosanitarios y eléctricos, 7) Estudio electromecánico, 8) Estudio administrativo, 9) Estudio social, 10) Estudio ambiental, 11) Estudio financiero y 12) Estudio legal.

**Gráfico 4**  
**Estudios y Diseños**



**Tabla 2**  
**Contenidos Mínimos a ser Considerados en Estudios y Diseños**

**Topografía:** El levantamiento topográfico debe considerarse como el estudio principal a partir del cual se provee la información básica para el desarrollo del proyecto, convirtiéndose en el insumo inicial para la toma de decisiones, pues provee la información sobre las condiciones propias del terreno, las barreras naturales y artificiales existentes, tanto en la superficie como en la altura. Este trabajo debe ser ejecutado con rigor, para que en efecto se vea reflejada con precisión la realidad del terreno, dado que esta información es trascendental para los pre-diseños básicos, la compra de predios y el proceso de construcción. Las actividades deben ser definidas por la autoridad competente o responsable del proyecto, cuyos alcances mínimos se presentan a continuación:

- Amarre de las coordenadas del sistema que especifique el responsable del proyecto;
- Levantamiento planimétrico de una franja a lo largo de la línea del proyecto (20 a 30 metros, puede ser suficiente);
- Tres perfiles longitudinales en dicha franja, uno por el eje y los otros dos, a 7.50 m de separación del eje;
- Instalación de marcas en los sitios de las pylonas y estaciones;
- Todo tipo de intersección, paralelismo o proximidad de estructuras existentes debe ser especificado: líneas eléctricas, carreteras, caminos, senderos, cercas, ríos, lagos, construcciones, acueductos, alcantarillados, sumideros, líneas de gas, andenes, etc. Las construcciones u obstáculos que estén a menos de 20.00 m. del eje del sistema serán claramente especificados en los planos;
- Para las líneas eléctricas serán especificados: posición de los cruces, ángulo de intersección y altura de los cables más bajos, comparados con el eje del sistema, y el voltaje de las líneas.
- El perfil debe indicar el tipo de terreno encontrado en las diferentes áreas, como vegetación, árboles, pantanos, etc.;
- Los trazados con curvas de nivel en las estaciones y las pylonas serán suministrados con una exactitud de 1.00 m. y
- Con un radio no menor a 50.00 m. tomados desde el punto central.

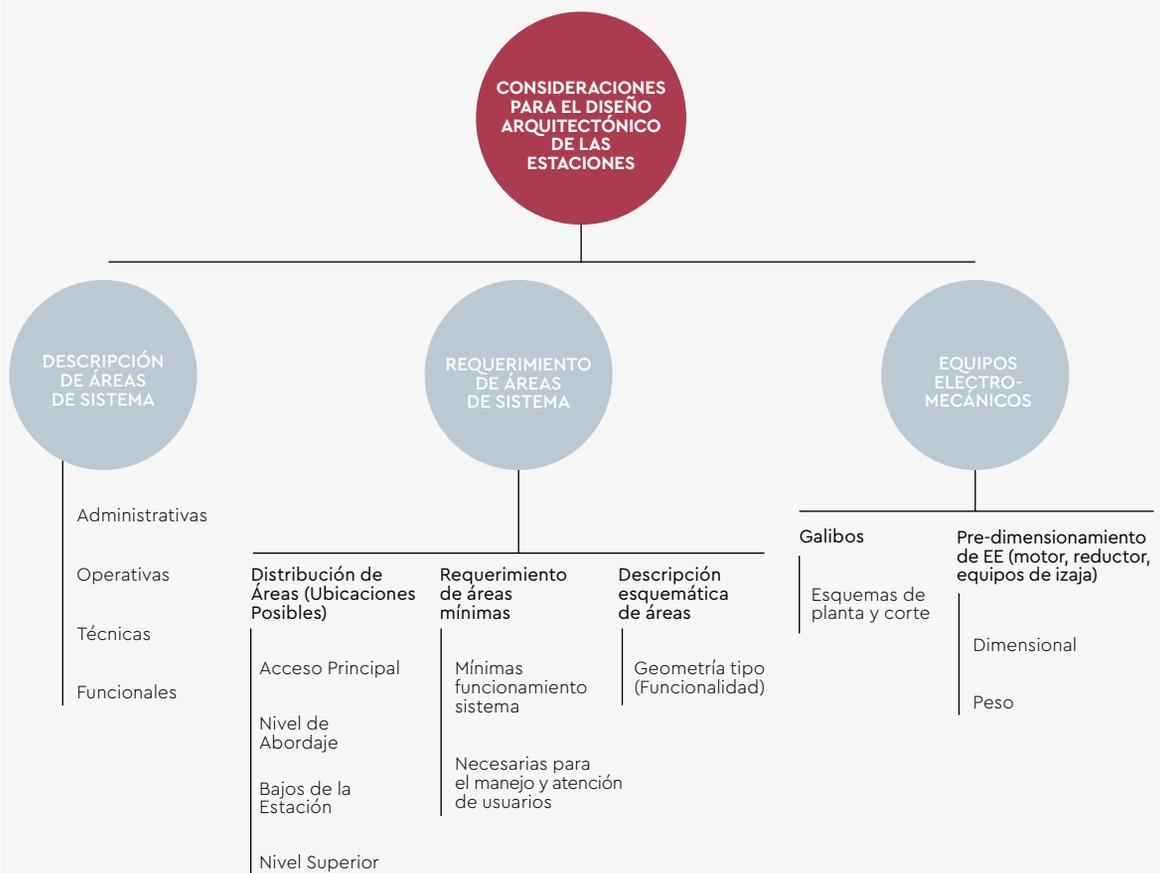
**Estudio Geotécnico:** El estudio de suelos y geotecnia tiene una gran relevancia en el desarrollo del proyecto, ya que este es un insumo esencial para la elaboración del diseño de los apoyos de los equipos en línea (Pylonas) y en estaciones (Macizos), además de la cimentación de los edificios de estaciones. Estos estudios corresponden a las prospecciones geotécnicas, ensayos de campo y de laboratorio, estabilidad de taludes, obras de manejo de aguas superficiales y subterráneas, análisis de cimentaciones, obtención de parámetros para diseño estructural, entre otros. Algunas de las actividades que deben quedar contenidas en el alcance de este estudio son:

- Clasificación del suelo de acuerdo con el reglamento de construcción local;
- De acuerdo con las condiciones de la zona se deben hacer perforaciones o sondeos a diferentes profundidades para analizar las condiciones del suelo;
- Ensayos de laboratorio como: corte directo, clasificación del suelo (límites, granulometría), compresión confinada, humedad natural, peso unitario, consolidación;
- Diseño de obras de contención y submuraciones a edificaciones vecinas;
- Análisis de capacidad de carga del suelo;
- Análisis de asentamientos;
- Cálculo de parámetros para diseño estructural;
- Análisis de estabilidad de laderas;

Especificaciones y recomendaciones de construcción

**Proyecto Arquitectónico:** El diseño arquitectónico de los edificios de las estaciones también tiene una gran relevancia, toda vez que en estas edificaciones se va albergar buena parte de la infraestructura electromecánica, a la vez que se recibirá a los usuarios del sistema. En tal medida, el mismo debe cumplir tres objetivos prioritarios: 1) Concepción de las edificaciones con las necesidades de los equipos electromecánicos, 2) Satisfacer las necesidades de accesibilidad de los usuarios al sistema y 3) Diseño armonioso que minimice el impacto visual en el entorno urbano.

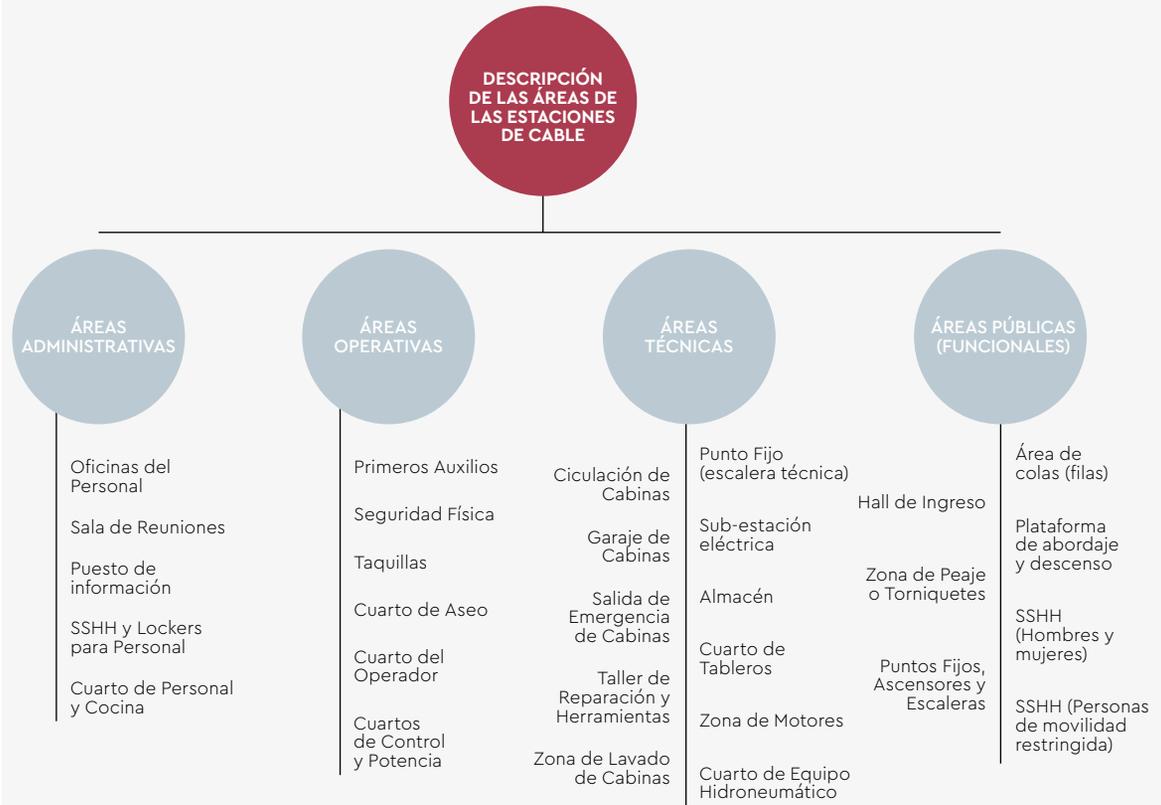
Gráfico 5  
Consideraciones al Diseño Arquitectónico de las Estaciones



Dentro de la concepción del diseño arquitectónico, se deben considerar:

- *Localización de las estaciones:* Se debe asegurar una adecuada inserción dentro del entorno urbano, procurando que la nueva edificación genere un desarrollo de las áreas conexas y zonas de influencia; para lo cual se debe considerar aspectos como densidad poblacional, centralidades, integración con otros medios de transporte, ordenamiento territorial, entre otros.
- *Selección de lotes estratégicos:* Es importante que la implantación de las estaciones se realice en el lote físico que brinde las condiciones de: funcionalidad, economía, mínima afectación predial, conectividad, desarrollo y sostenibilidad, las cuales son esenciales para su óptimo desarrollo. Además, se debe tener en cuenta ubicación, grado de ocupación, pendiente, geometría, altimetría, entorno, entre otros.
- *Requerimiento de Áreas:* Las estaciones deben quedar provistas de todos los espacios y áreas necesarias para la eficiente y efectiva prestación del servicio de transporte por cable aéreo.

Gráfico 6  
Descripción de la Conformación de Áreas



Los requerimientos de áreas para las edificaciones del sistema, se encuentran en función del tipo de estación que van a albergar (Motriz, Intermedia, Intermedia en ángulo, Retorno), las cuales según su tipo, requieren y demandan diferentes disposiciones en cuanto a número y dimensiones.

**Proyecto Estructural:** El diseño estructural es uno de los principales estudios técnicos del proyecto, en consideración a que este define los materiales, elementos y características de los elementos que proveen el sostenimiento al sistema electromecánico y brindan un adecuado funcionamiento de la infraestructura (de las edificaciones) que albergan el sistema de cable aéreo. Las estructuras que deben ser contempladas dentro del diseño estructural son:

- Edificios-Estaciones
- Macizos
- Cimentación Pilonas

Estructuralmente las edificaciones de las estaciones son independientes a las estructuras de apoyo del sistema y en ninguna parte se encuentran adosadas; por tal motivo el diseño de las edificaciones del proyecto no se ve afectado por las cargas que el sistema genere, lo que permite sean diseñadas como una estructura convencional. No obstante previo al diseño arquitectónico y estructural de las edificaciones se requiere un pre-dimensionamiento de las estructuras de apoyo del sistema, en especial de los macizos que estarán ubicados en las estaciones del sistema, en consideración a que el diseño de las estaciones deberá contemplar los espacios suficientes para la implantación de estas estructuras dentro de las estaciones del proyecto.

Continúa →

**Estudio Electromecánico:** Este estudio comprende todos los cálculos, estimaciones y especificaciones para la selección del trazado, tipo de sistema y de cada uno de las componentes que lo conforman.

En general, el fabricante de los equipos, es el que provee los estudios y diseños necesarios para la fabricación, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de cable. El estudio comprende el diseño integral de la totalidad de sus componentes; entre otros, del sistema motriz y su transmisión de potencia, plataformas, equipos, instalaciones eléctricas, cabinas, torres de apoyo o pilonas, macizos de apoyo de equipos en estaciones, sistema de control, sistemas hidráulicos o de aire, sistemas de información y comunicaciones; es decir, la totalidad de las prototipos, partes, mecanismos y elementos de cualquier índole, que requiera el sistema de cable para su adecuado funcionamiento y operación. Estos diseños se pueden agrupar en:

- Diseño de los componentes de las estaciones
- Diseño de los sistemas eléctricos
- Diseño de las torres de apoyo o pilonas
- Diseño de estructuras para instalación de los equipos electromecánicos

## Contratación y Construcción

El adecuado desarrollo del proyecto en su fase de ejecución, parte de establecer de manera exhaustiva y con detalle, lo que se requiere desde el punto de vista de expectativas del cliente y de las necesidades identificadas.

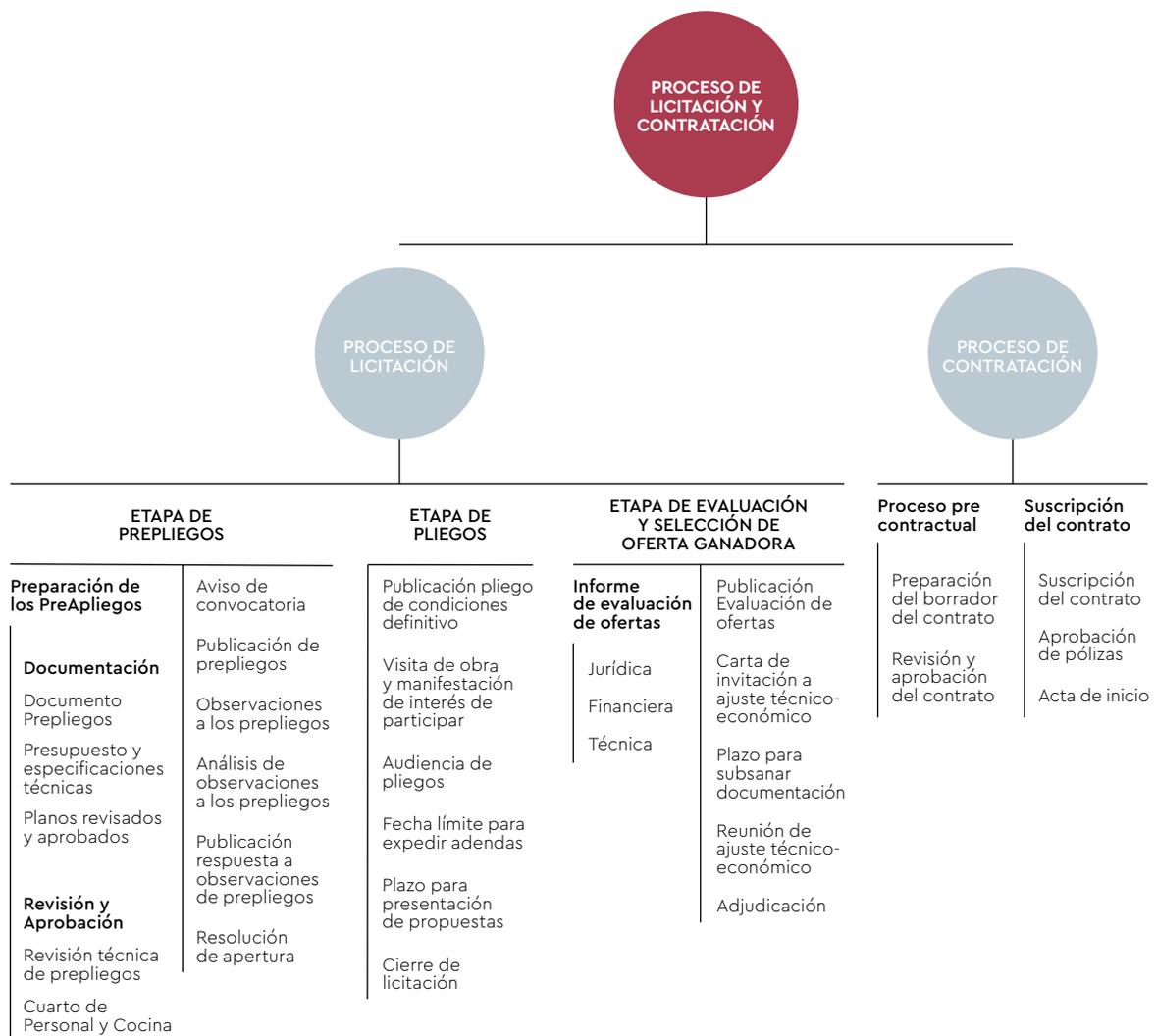
Estas consideraciones deben traducirse en la selección de la modalidad de contratación más favorable y el establecimiento de unos pliegos solidos que brinden las herramientas más eficientes en términos de ejecución, control y seguimiento.

**Gráfico 7**  
Contratación y Construcción



El proceso de licitación y contratación corresponde a la compra o adquisición de los productos o servicios necesarios para cumplir con los alcances del proyecto. Incluye planear la adquisición, evaluar proveedores (garantías y experiencia), efectuar, administrar y cerrar la adquisición. El producto más importante a adquirir en el proyecto son los equipos electromecánicos, los cuales normalmente se adquieren mediante un proceso de licitación internacional dado el origen de los equipos.

**Gráfico 8**  
Descripción del Proceso de Licitación y Contratación



**Tabla 3**  
**Aspectos de la Etapa de Licitación y Contratación**

- Previo al inicio de un proceso de licitación, se requiere un tiempo de planeamiento para la adquisición de los equipos en la que se documente las razones de la compra, las decisiones tomadas, especificando la forma de hacerlo e identificando los posibles fabricantes (proveedores).
- Para obtener los mejores resultados para el proyecto, en términos de calidad y economía, los pliegos de condiciones y las especificaciones técnicas deben ser elaborados por personal con conocimiento específico en el desarrollo de proyectos de transporte por cables aéreos para el transporte urbano.
- Pliegos con solidez y coherencia entre especificaciones técnicas y valor del contrato; son una herramienta fundamental para realizar seguimiento y control del proyecto, ante el proveedor.
- Es importante que la entidad que lleve a cabo la contratación del proyecto, cuente con políticas y procedimientos documentados que definan específicamente las reglas de contratación.
- Se debe tener presente que una adquisición termina cuando se tiene el producto o servicio recibido a satisfacción, con las certificaciones correspondientes; por lo que se tiene que realizar una gestión de las adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos, y efectuar cambios y correcciones según sea necesario.

**Lineamientos** para realizar una Solicitud de Propuesta (Licitación)

- Proporcionar una descripción del trabajo;
- Incluir los requisitos que definen especificaciones y atributos;
- Especificar los productos o servicios a ser proporcionados;
- Definir lo solicitado en términos de capacidad de proveer o proporcionar;
- Criterios de aceptación o aprobaciones en cada fase;
- Tipo de contrato a utilizar y condiciones contractuales;
- Condiciones de pago a proponer;
- Secuencia del proceso, condiciones de tiempo, requerimiento de Plan de Proyecto;
- Instrucciones de formatos y contenidos de las propuestas;
- Incluir fecha de aclaraciones y de entrega definitiva de propuestas;
- Criterios de evaluación: Experiencia, Tecnología, Tiempo y Costos, etc.

**Entrega de Información**

El proceso de licitación, debe contener la divulgación adecuada, que garantice que los principales fabricantes/ proveedores de equipos electromecánicos, puedan participar del proceso.

Este proceso requiere de un manejo transparente y profesional adecuado en todo momento, por tratarse de una situación en la cual se establece una relación competitiva. La información que se proporciona debe ser igual para todos los posibles oferentes interesados y siempre en sesiones abiertas donde todos puedan participar.

**Tabla 4**  
**Aspectos de la Etapa Constructiva**

#### EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

**Suministro de Equipos Electromecánicos:** Comprende el suministro de todos los equipos y componentes electromecánicos necesarios para el adecuado funcionamiento del sistema de cable aéreo en el lugar de la obra.

Los equipos a suministrar dependen de las especificaciones técnicas y características de cada instalación, pero el mismo debe incluir el suministro de los siguientes componentes: estación motriz, estación de retorno, estaciones intermedias, garaje de cabinas, cabinas de pasajeros, vehículo de inspección, torres o pilonas metálicas tubulares, cable portante-tractor, sistemas de control eléctrico y comunicaciones, fuente de generación de energía eléctrica de respaldo para operación de emergencia, herramientas, repuestos e insumos para la operación inicial.

**Montaje de Equipos Electromecánicos:** El montaje incluye todas aquellas actividades inherentes a la instalación de los equipos electromecánicos suministrados, necesarias para que el sistema pueda ponerse en funcionamiento. Algunas disposiciones a tener presentes durante esta etapa son:

- *Plan de Montaje:* Previo al inicio de los montajes el fabricante de los equipos y responsable de su instalación, deberá presentar un plan de montaje, donde se especifiquen procedimientos, equipos y herramientas a utilizar, personal, tiempos de ejecución, previsiones de seguridad y logística, entre otros. Este plan deberá ser revisado y validado por el ente ejecutor del proyecto, garantizando que el mismo atienda las necesidades previstas.
- *Descarga de equipos:* Para el caso de montajes en zonas de alto flujo vehicular el descargue de los equipos deberá considerarse en las horas de menor tráfico o si es necesario en horas de la noche; atendiendo los permisos correspondientes ante el tránsito y movilidad municipal; con el objetivo de generar los menores efectos y mitigando al máximo posible, riesgos ante ocurrencia de incidentes o accidentes a terceros.
- *Equipo para Iluminación:* Se debe considerar la utilización de un equipo de iluminación para facilitar la visibilidad del personal ejecutor de la actividad de descarga de los equipos y las estructuras.
- *Disposición de las estructuras:* Se deberán ubicar al lado de las cimentaciones dispuestas para soportar la estructura electromecánica, esta área debe estar libre de materiales de construcción y elementos ajenos al montaje de la estructura. Asimismo, debe estar previamente señalizada para evitar el ingreso de personas ajenas al proceso.
- *Equipos de Izaje:* Se deberá considerar para las maniobras de izaje el uso de los equipos de elevación de mayor facilidad operativa y menor afectación dentro del entorno urbano. El equipamiento tradicionalmente usado para este tipo de montajes han sido sistemas tipo grúa.

#### OBRAS CIVILES

Las obras de Ingeniería, requeridas para un sistema de transporte por cable aéreo, se pueden agrupar en tres categorías: 1) Edificios de Estaciones, 2) Obras de apoyo del sistema en Línea, y 3) Obras Complementarias.

**Construcción Edificio de Estaciones:** Corresponde a las obras civiles necesarias para construir los edificios de las estaciones del sistema. Estas edificaciones tienen 2 objetivos, el primero es albergar la infraestructura de los equipos electromecánicos y el segundo, brindar las facilidades de acceso, abordaje y salida del sistema. Las características de cada estación, deberá cumplir los requerimientos que el sistema electromecánico le impone (áreas mínimas, distancias específicas, gálibos, entre otros) y de la concepción arquitectónica resultante (volumetría, tipo de materiales, otros). Algunos elementos que conforman el alcance en la construcción de una estación son las actividades de cimentación, estructura en concreto o metálica, cubiertas, fachadas, acabados, instalaciones hidrosanitarias, instalaciones eléctricas, entre otras obras.

Continúa →

**Elementos de Apoyo en Línea (Pilonas):** Son los elementos estructurales que soportan y permiten el apoyo y desplazamiento del cable y los vehículos. Son generalmente torres construidas en chapa plegada soldada. Estas se mantienen ancladas al suelo por medio de unos pernos de anclaje embebidos en su correspondiente cimentación, siendo esta variable en función de las cargas actuantes, dimensionándose para evitar el vuelco y deslizamiento de la piona. La cimentación de cada una de estas pilonas dependerá de los diseños definitivos del sistema, de las cargas que sobre esta actúen y del tipo de suelo donde se ubiquen.

En la construcción de las obras civiles se debe tener en cuenta particularmente:

- Localización del elemento de apoyo;
- Construcción de las obras de cimentación (Excavaciones, refuerzo acero, concreto);
- Posicionamiento de los elementos de anclaje
- Verificación del posicionamiento de los elementos de anclaje

**Elementos de Apoyo en Estaciones (Macizo):** Corresponde a las estructuras portantes del sistema, y sobre la cual estarán anclados todos los equipos electromecánicos incluidos dentro de cada una de las estaciones del sistema (Estación Motriz, Retorno, Intermedia). Su concepción estructural puede incluir pilotes de cimentación, losas de cimentación, bancada grupo motor (si el sistema es subterráneo) y tanto pedestales como la longitud del sistema demande (generalmente de 2 a 4).

Algunos elementos a tener en cuenta en la construcción son:

- Localización del elemento de apoyo;
- Construcción de las obras de cimentación (Excavaciones, refuerzo acero, concreto);
- Posicionamiento de los elementos de anclaje;
- Verificación del posicionamiento de los elementos de anclaje.

## Etapa de Operación

Comienza cuando el proyecto está totalmente ejecutado, con la aprobación del funcionamiento del sistema (Pruebas Internas y pruebas de funcionamiento) y la posterior entrega y recepción a satisfacción de la entidad ejecutora, a la entidad encargada de la operación y prestación del servicio. Los objetivos primordiales de esta etapa son:

- Operar en forma eficiente el sistema TCA, brindando una adecuada prestación del servicio;
- Seguir el plan de operación y mantenimiento previamente establecido;
- Optimizar los recursos humanos y materiales disponibles, procurando, en todo momento, la mejor calidad posible;
- Mantener en óptimas condiciones los edificios, los equipos electromecánicos, las estructuras y demás obras de ingeniería civil.

Gráfico 9

## Etapa de Operación



A continuación, se comentan algunos aspectos previos a esta etapa:

**Tabla 5**  
**Aspectos a Tener en Cuenta Antes de la Operación**

**Licencia para la Operación del Sistema:** Previo a la entrada en operación, la futura entidad operadora del sistema, deberá haber adelantado ante la entidad reguladora competente, el trámite de autorización o licencia, que la habilite como entidad apta para la operación del TCA. Por ejemplo, en el caso de Colombia, el Decreto 1072 de 2004 es el que establece la normatividad al respecto.

**Definición del tipo de sociedad:** Con suficiente anterioridad, e idealmente dentro de la etapa de pre-inversión, se debe establecer el tipo de organización (empresarial) legal de la entidad que se encargará de la operación del sistema cable. La forma de organización legal de la empresa constituye un acto muy importante en el éxito funcional y operativo de un proyecto de TCA. Dentro de este proceso se debe tener en cuenta la normatividad de cada país, el orden tributario, laboral, administrativo, contable y de fiscalización y control, las cuales afectan en distinto grado las diferentes formas de organización legal de las empresas

**Capacitación del personal de operación y mantenimiento:** Para la operación del sistema de cable, es necesario contar con una planta de personal que se encargue de su administración, operación y mantenimiento. Es fundamental la capacitación que brinda el proveedor del sistema a las personas que integran el grupo de mantenimiento y operación. Este grupo debe estar integrado por profesionales con un perfil determinado para cada uno de los cargos técnicos, así como el personal de operación y servicio al cliente en las estaciones. Esta capacitación debe darse durante la etapa de construcción y puesta en marcha.

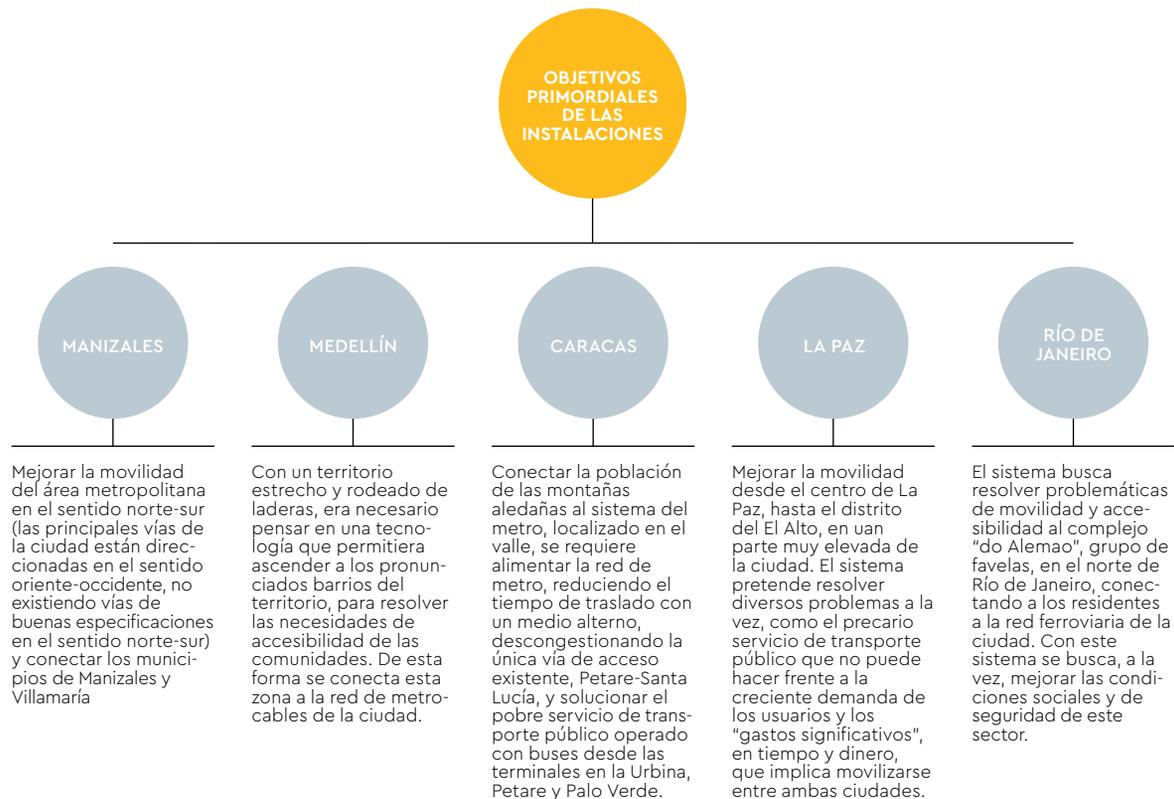
**Integración del sistema:** Previo a la fase de operación, es crucial se hayan establecidos las premisas de integración del transporte, bajo las cuales, la nueva línea de TCA entrará a operar en materia de políticas y medidas de movilidad e integración con otros medios de transporte, tales como integración física, integración tarifaria, entre otras.

# 4 Sistemas de Transporte por Cable en Latinoamérica

En el entorno Latinoamericano, hay una creciente iniciativa por el desarrollo de STC. Para el desarrollo de este estudio se consideraron cinco sistemas en operación de alta relevancia, con el fin de evaluar y comparar su concepción y operación; así como de identificar sus buenas prácticas.

Cada uno de los STC considerados, busca cumplir o satisfacer necesidades particulares dentro de la dinámica de movilidad de cada una de las áreas metropolitanas evaluadas, tal como se observa en el siguiente gráfico:

**Gráfico 10**  
Objetivos Principales en Cada Sistema Evaluado

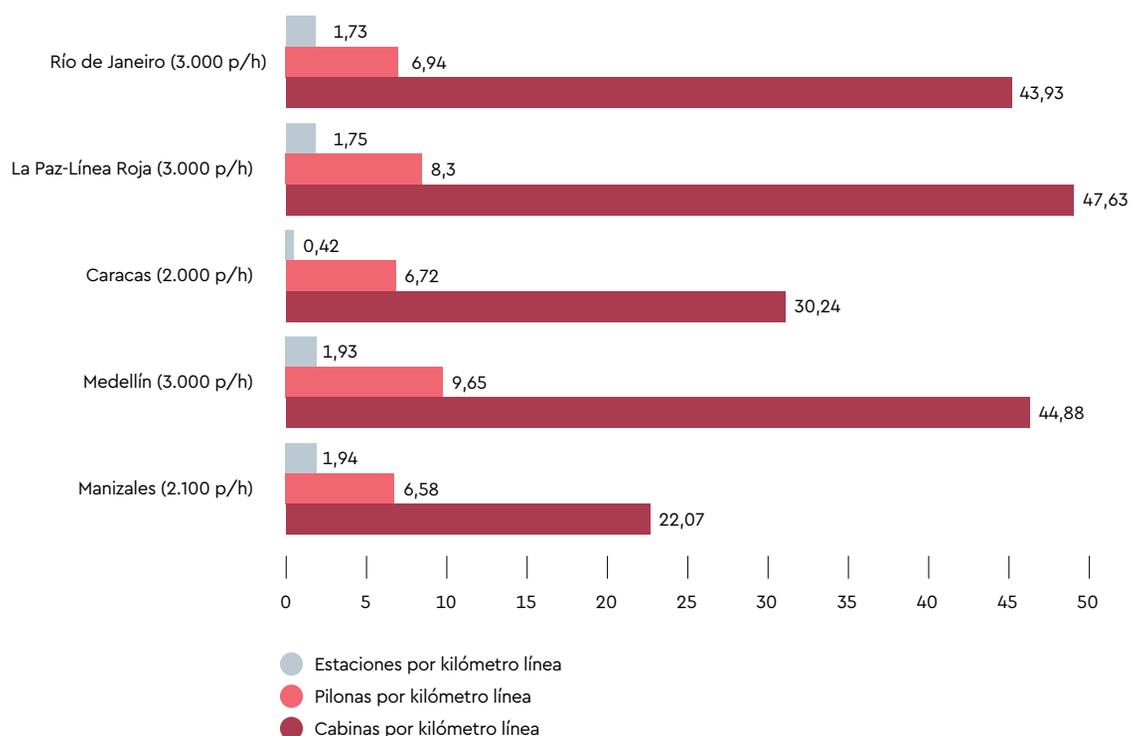


Si bien estos sistemas presentan similitudes en la necesidad que buscan satisfacer (mejorar el transporte en comunidades con difícil acceso), poseen diferencias en el equipamiento electromecánico, grado de integración urbana y a otros medios de transporte, además de un diferente nivel de impacto social, ambiental y de movilidad.

En el siguiente gráfico se puede observar algunas características de los STC estudiados. En lo que se refiere a cabinas por kilómetro, observamos un valor cercano a 45 cabinas x kilómetro de línea para los sistemas de Medellín, La Paz y Río de Janeiro, situación explicable por la mayor capacidad instalada de transporte de usuarios (3.000 p/h). El sistema de Caracas presenta el menor número de cabinas por kilómetro de línea, situación dada por no contar con estaciones intermedias, con lo cual las cabinas no tienen que realizar reducción de velocidad en el trayecto.

Por otro lado, el número de apoyos en línea requeridos para cada sistema, está dado en función de la topografía del terreno, obstáculos a superar, número de estaciones, trazado de la línea y cargas del sistema. Para los sistemas evaluados se tiene un número de apoyo de pilonas entre 6 a 10 por cada kilómetro de línea.

**Gráfico 11**  
Características de los STC en Latinoamérica



Finalmente, el número de estaciones del sistema, requiere como mínimo 2 estaciones (Una de ida y otra de retorno) y tantas estaciones intermedias como las necesidades de embarque y desembarque de pasajeros así lo requieran. Por ejemplo, en el caso de Medellín se tienen 3 estaciones intermedias de embarque y desembarque de usuarios; por su parte el sistema de Caracas, al ser una línea expresa no tiene estaciones intermedias.

## BUENAS PRÁCTICAS

- Como en todos los sistemas de transporte, la planificación y estudios previos de factibilidad y viabilidad técnica son prioritarios para determinar la pertinencia de los proyectos.
- Las condiciones de movilidad, flujo y demanda de los sistemas de transporte por cable responden a un comportamiento diferente de los observados en los sistemas de transporte masivo, tales como buses, trenes, etc. De esta forma, se evidencia que estos aspectos de flujo y demanda empiezan a ser considerados en las instalaciones del transporte convencional, donde los edificios y espacios guardan mayor proporción en relación a las necesidades de los sistemas de transporte por Cable Aéreo Urbano.
- El primer modelo de aplicación de los sistemas de transporte por Cable Aéreo Urbano ha contenido un fuerte componente social, lo cual ha permitido la sostenibilidad de estos sistemas con tarifas de transporte público -casi utópicas-. En la actualidad, condiciones óptimas de mantenimiento, operación y demanda demuestran que es posible tener un sistema sostenible a lo largo de su operación en el tiempo.
- En las 5 implantaciones de sistemas de transporte por cables estudiados y otras que se encontraban en las ciudades de estudio, se ha logrado -como mínimo- el objetivo de brindar un transporte de calidad, cómodo y amigable con el medio ambiente, lo cual no es suficiente para ser un sistema exitoso. La alta inversión pública que se requiere para la implantación de estos proyectos obliga a que su utilización sea acorde con la demanda para la cual ha sido concebido el sistema, situación que no se presenta en el sistema de San Agustín en Caracas, Río de Janeiro, ni Manizales, previo a la construcción de la fase II. Estas situaciones son fruto de falencias en la planeación o cambio en las previsiones de intermodalidad y/o integración con el sistema de transporte local.
- La calidad de aire a lo largo de las zonas de influencia de los proyectos mejoran, particularmente en los niveles de contaminación, en relación con sistemas de transporte convencionales que hacen uso de combustibles fósiles.
- Los sistemas TCA urbanos no pueden ser vistos como la solución a los problemas de movilidad, independiente a los sistemas de transporte de la ciudad. Siempre deben ser vistos como un complemento al sistema de transporte/movilidad o ser concebido junto con sistemas alimentadores. Es un gran error convertirlo en un sistema de transporte aislado de los sistemas de transporte de cada ciudad, es fundamental considerar su integración desde su concepción.
- La inversión en la comunicación y socialización del sistema de TCA antes de su implementación, debe ir acompañado con sistemas de información y guías para su uso. Las campañas de información sobre rutas y modo de uso de los proyectos TCA son herramientas muy útiles y el uso de medios de comunicación contribuyen a que exista un mejor uso del sistema mejor aceptación y conservación de la infraestructura.
- Es fundamental que las autoridades se apoyen en estudios técnicos que les permitan tomar decisiones y liderar proyectos que tengan viabilidad técnica y aporten a la comunidad los beneficios esperados. Estos estudios técnicos, financieros, de movilidad y de impacto social, llevarán a una efectiva ejecución del proyecto, garantizando su éxito.

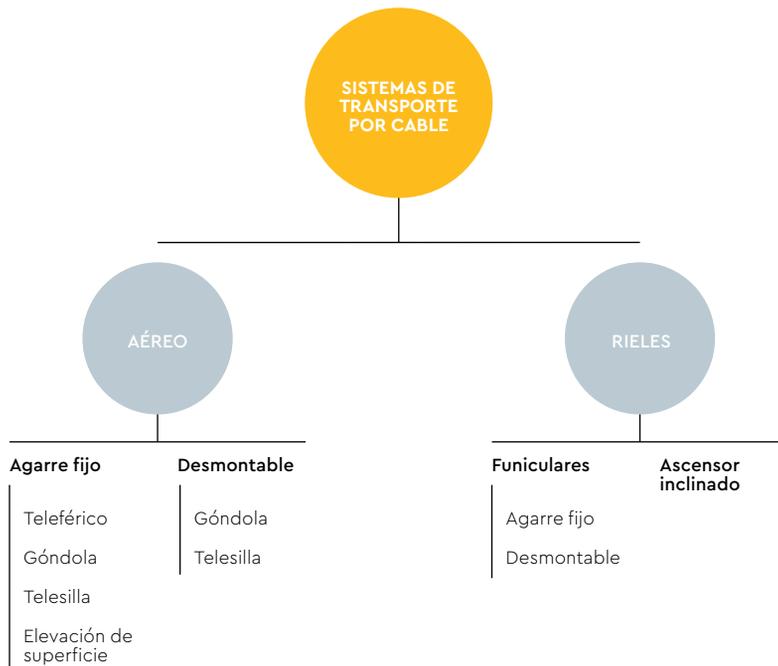
# 5 Identificación de Tecnologías

Existen numerosas tecnologías de transporte por cable de pasajeros. Para poder citarlas de forma estructurada, estas se pueden clasificar por categorías; como por ejemplo:

- Clase de componente que sustenta los vehículos
- Cantidad de elementos portadores
- Cantidad de elementos tractores
- Tipo de movimiento
- Clase de unión cable tractor-vehículo

Al tratarse del ámbito del transporte urbano, sólo los vehículos cerrados, de tipo cabina, forman parte de este inventario. Los vehículos abiertos (sillas) o semi-abiertos (sillas con burbuja protectora), están reservados a un uso deportivo y/o turístico, y no tienen utilización dentro del ámbito urbano. La característica común de todos los STC reside en el hecho de que el movimiento de los vehículos proviene de un cable. Todas las instalaciones poseen por consiguiente como mínimo un cable denominado cable tractor. Los vehículos de los STC pueden estar sostenidos por rieles, en cuyo caso se denominan FUNICULARES. También pueden estar sostenidos por uno o más CABLES. En ese caso, se denominan TELEFÉRICOS.

**Gráfico 12**  
**Clasificación de los Sistemas de Transporte por Cable**

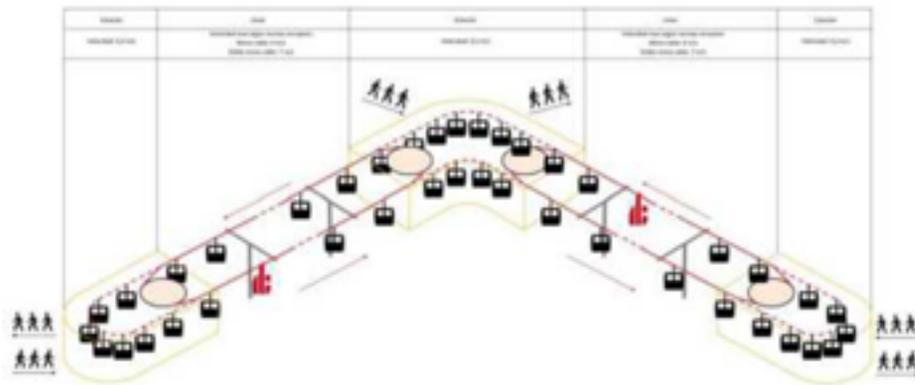


**Funiculares:** Para este tipo de instalación, en la cual los vehículos van sobre rieles, o de manera menos habitual, sobre una vía con ruedas o cojines de aire, las aplicaciones más frecuentes y más antiguas son los funiculares de vaivén o unidireccionales, con vehículos conectados de forma fija a los cables. Se denomina vaivén cuando dos vehículos suben y bajan de manera alternativa. Si no existe vía doble, el cruce se lleva a cabo gracias a un desdoblamiento de las vías.

**Teleféricos:** En este tipo de instalación, los vehículos son sostenidos por uno o más cables. Los cables pueden tener esta única función, y entonces se llaman cables portadores. Si la tracción se lleva a cabo por otro o varios cables tractores, se habla de un teleférico Bicable. Si un único cable asegura la tracción y la función de portar los vehículos, este cable recibe el nombre de cable portador-tractor y se trata de un teleférico monocable. Si la instalación posee dos cables portadores-tractores, se trata de un teleférico doble monocable.

**Las secciones de los STC:** El número de secciones en los STC, con una o más estaciones intermedias, es una de las características más importantes que puede tener una instalación para transporte por cable urbano. De hecho, los STC de movimiento continuo permiten la creación de una red con paradas intermedias. Teóricamente se pueden constituir infinitos tramos. Sin embargo, en la práctica hoy el número máximo de tramos es de 6. Las cabinas pueden pasar de un tramo al otro sin ruptura de carga. Asimismo, un pasajero puede recorrer toda la línea (extremo a extremo) sin cambiar de vehículo. Esta configuración es muy común en el teleférico Monocable, también es posible pero menos frecuente en el teleférico Bicable.

**Gráfico 13**  
**Teleférico de movimiento continuo en 2 tramos**





# 6

## Integración Urbana y con Otros Modos de Transporte

La integración de la planificación urbana y el transporte público aporta ventajas en el desarrollo de la ciudad, particularmente en los siguientes aspectos, mejora la calidad de vida, desarrollo socioeconómico, regeneración urbana, impacto ambiental, inclusión social entre otros. La mejora del transporte público como parte de un paquete de inversión no sólo amplía las opciones de transporte (elección modal) y la accesibilidad, sino que también puede aportar mejoras al entorno urbano por mejores servicios.

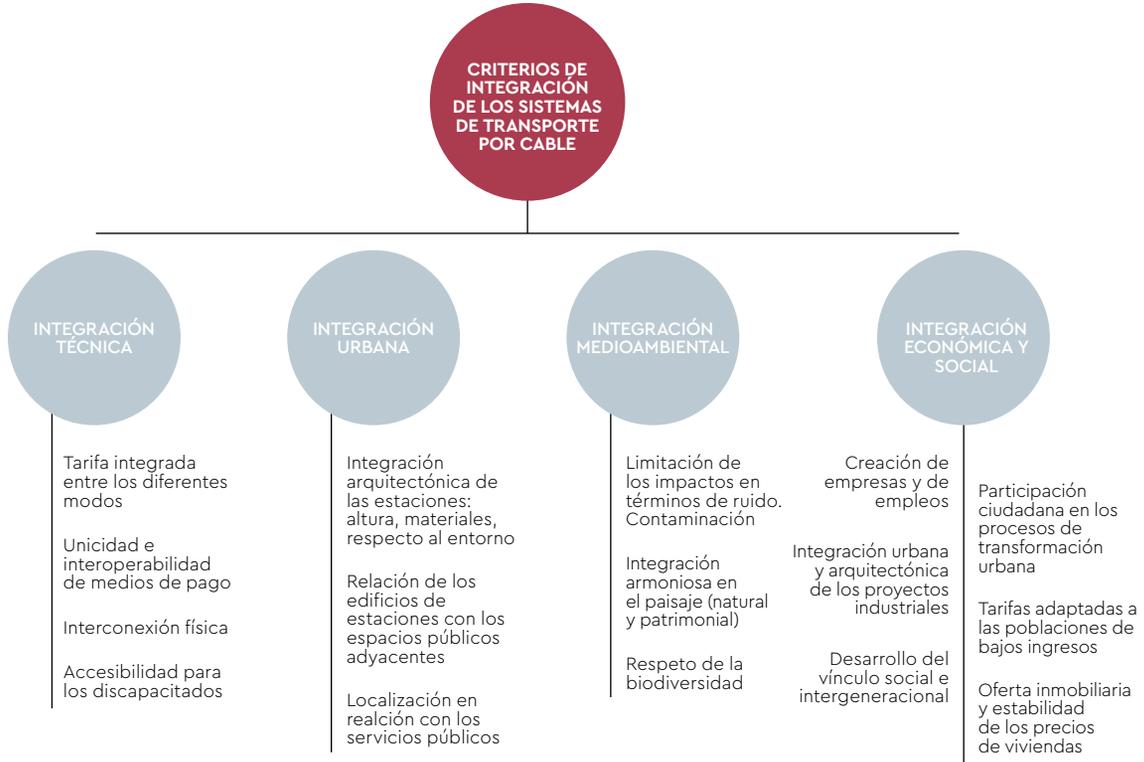
Con miras a caracterizar el proceso de integración de los STC con otros medios de transporte y el impacto social que los mismos conllevan, se consideraron cuatro criterios o áreas de evaluación: 1) Integración técnica, 2) Integración Urbana, 3) Integración medioambiental, 4) Integración económica y social.

Este trabajo se presenta luego de llevar a cabo un proceso de investigación técnica, concerniente a la recopilación y la discusión y análisis a partir de grupos de opinión.

**Gráfico 14**  
Factores de Integración



**Gráfico 15**  
Criterios de Integración de los STC



A continuación se presenta un análisis resumido de los aspectos de integración en los STC

**Tabla 6**  
**Aspectos a considerar en la Integración Técnica**

INTEGRACIÓN TÉCNICA		
ASPECTO	BUENAS PRÁCTICAS	CONSIDERACIONES
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adoptar un enfoque integrado a largo plazo que determine un plan de desarrollo a seguir y que blinde a los proyectos de transporte público de los cambios de gobierno local.</li> <li>- Establecimiento de planes de desarrollo.</li> <li>- Para la exitosa acogida de este proyecto es fundamental considerar y entender las opiniones y necesidades del público objetivo al cual va dirigido.</li> <li>- Estudios de movilidad y caracterización de los sistemas de transporte.</li> <li>- Fomento de una cultura ciudadana en torno a los proyectos de transporte por cable y a los sistemas integrados de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los proyectos de STC con propósito de transporte público son generalmente de origen público, por lo que su planeación y ejecución se encuentran supeditados a voluntades políticas.</li> <li>- Los STC deben estar basados en sólidos estudios técnicos en sus diversas fases de elaboración. Es decir; en su formulación, desarrollo, ejecución, operación e integración.</li> </ul>
Interconexión de Redes y Modos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir el número de transbordos entre los diferentes modos y líneas.</li> <li>- Integrar los horarios y adaptar los servicios para reducir el tiempo de espera.</li> <li>- Habilitar, en donde sea necesario, las conexiones que faltan.</li> <li>- Proporcionar transporte público de acuerdo a la demanda.</li> <li>- Asegurar la interoperabilidad a nivel de los vehículos.</li> <li>- Mantener en buen estado la infraestructura.</li> <li>- Evaluar las posibilidades de compartir las vías entre diferentes modos de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un sistema cable tiene una baja capacidad de pasajeros por vehículo, situación que es compensada con una alta frecuencia.</li> <li>- Esta forma de operar es idónea para la integración modal, ya que no implica ningún tipo de ajuste especial en los tiempos de operación, por lo que el sistema se puede catalogar como siempre disponible, limitado sólo por las colas en hora pico.</li> </ul>
Transbordos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Señalética clara y de fácil acceso.</li> <li>- Distancias cortas de transbordo.</li> <li>- Los transbordos más frecuentes deberían poderse efectuar en el mismo nivel de la estación, sin que sea necesario subir o bajar escaleras.</li> <li>- Deben tomarse disposiciones especiales para los ancianos, niños, discapacitados, turistas y extranjeros.</li> <li>- Los vehículos deben contar con fáciles accesos, a fin de evitar las pérdidas de tiempo.</li> <li>- Un diseño agradable para el intercambiador (protección contra la lluvia).</li> <li>- Áreas de esperas cómodas y agradables.</li> <li>- Protección y seguridad (iluminación apropiada, presencia del operador, limpieza).</li> <li>- Presencia de personal orientador y de dispositivos destinados a ayudar a los viajeros en caso de necesidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las estaciones de cable para uso urbano, al estar obligadas a respetar ciertos gálibos con respecto a viviendas y vías públicas, tienen por lo general el nivel de abordaje en un segundo o tercer nivel con respecto al nivel vial. El diseño de las estaciones debe prever y proveer una infraestructura eficiente que facilite el ingreso y salida de los usuarios y la integración con otros sistemas de transporte.</li> </ul>

Continúa →

## INTEGRACIÓN TÉCNICA

ASPECTO	BUENAS PRÁCTICAS	CONSIDERACIONES
Medios de Pago (boletaje)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un solo medio de pago integrado entre operadores y redes de transporte público.</li> <li>- Un medio de pago integrado entre los diferentes medios de transporte público, incluso, otros servicios (peaje de autopistas, monedero electrónico, hoteles, teatros, actividades diversas, etc.).</li> <li>- Medios de pago y sistemas tarifarios innovadores, especialmente para usuarios habituales (abonos temporales, cargo automático en la cuenta bancaria, venta por Internet, tarjetas inteligentes, teléfono móvil, etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El acceso a los STC se realiza a través de las respectivas estaciones, las cuales se dotan con un sistema de torniquetes, el cual trae acoplado un lector inteligente, que permite el uso de tarjetas inteligentes, facilitando así la inter-modalidad.</li> </ul>
Información del viaje	<p><b>Información previa al viaje:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Información completa y personalizada sobre el viaje (Horarios, puntos de intercambio, diferentes alternativas de acuerdo al punto de inicio y destino).</li> <li>- Información disponible a través de diferentes medios de comunicación, como Internet, centrales telefónicas, oficinas de información, quioscos en estaciones o intercambiadores, etc.</li> <li>- La información sobre las tarifas debe ser transparente y comprensible. Los usuarios deben ser capaces de elegir, con conocimiento de causa, entre las distintas opciones tarifarias que se les presenta.</li> </ul> <p><b>Información durante el viaje:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Información sobre el progreso del viaje con medios de comunicación auditivos y visuales.</li> <li>- Información sobre las próximas paradas.</li> <li>- Información relativa a otras líneas u otras redes de transporte (conexiones).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los STC por lo general presentan trayectos y tiempos de viaje cortos; por lo que el recorrido del viaje es fácilmente identificable por el usuario.</li> <li>- No es habitual entregar información durante el trayecto, pero la misma es factible al estar cada cabina dotada con un sistema de radio y altavoces.</li> <li>- Dentro de un sistema integrado, la información de las estaciones, tiempos de recorrido y tarifas, deben incluirse dentro de la base de datos.</li> </ul>

**Tabla 7**  
Aspectos a considerar en la Integración Urbana

## INTEGRACIÓN URBANA

ASPECTO	BUENAS PRÁCTICAS	CONSIDERACIONES
Ubicación de las Estaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar estudios previos de movilidad, analizando las rutas de mayor demanda en la ciudad.</li> <li>- Construir las estaciones cerca de los principales polos generadores de viajes, tales como: colegios, universidades, centros comerciales, terminales de transporte, centros de empleo, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al ser un sistema poco flexible en relación a las paradas para embarque y desembarque de pasajeros, sus estaciones deben estar estratégicamente localizadas y considerando un plan de desarrollo a futuro, que concuerde con la localización de la estación.</li> </ul>

Continúa →

INTEGRACIÓN URBANA		
ASPECTO	BUENAS PRÁCTICAS	CONSIDERACIONES
Interconexión con los demás Modos de Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las conexiones deben ser de fácil circulación para los peatones, de este modo los transbordos se realizaran de forma ágil y segura.</li> <li>- Bahías para ingreso de buses.</li> <li>- Zonas peatonales.</li> <li>- Accesibilidad para las estaciones o medios de transporte aledaño.</li> <li>- Facilidad de ingreso de diferentes equipajes, bicicletas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El ingreso de pasajeros al sistema se realiza de forma escalonada, según la capacidad de los vehículos, por lo cual deben considerarse zonas de espera ya que los vehículos de transporte masivo pueden evacuar gran cantidad de pasajeros, que ingresarán al sistema por cable en grupos de 10 personas, como es el caso de la mayoría de STC Urbanos.</li> </ul>
Diseño de las Estaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los materiales, altura y forma de las estaciones deben ser adecuados con el entorno donde se va a construir.</li> <li>- Las estaciones deben ser lo más compactas posibles y contar únicamente con los espacios requeridos para su funcionamiento.</li> <li>- Los cuartos y áreas operativas deben considerar los espacios necesarios para la realización del mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la concepción arquitectónica de las estaciones, deben considerarse tres aspectos fundamentales:</li> <li>- Las áreas que el sistema electromecánico requiere para su funcionamiento (Áreas Técnicas)</li> <li>- Las áreas para brindar confort y facilidad a los usuarios (Áreas Operativas y Funcionales).</li> <li>- Las áreas para la gestión administrativa del operador (Áreas para la administración).</li> </ul>

**Tabla 8**  
**Aspectos a considerar en la Integración Medio-Ambiental**

INTEGRACIÓN MEDIO-AMBIENTAL		
ASPECTO	BUENAS PRÁCTICAS	CONSIDERACIONES
Impacto y Contaminación Visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las estaciones, vehículos y pilonas deberán ser ergonómicas.</li> <li>- Integración con el ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un aspecto subjetivo y complejo de cuantificar. En países europeos como Francia, indican que estos sistemas no son amigables con ambientes urbanos. Igualmente puede serlo la torre Eiffel la cual ahora es un gran Icono de Francia.</li> </ul>
Contaminación Auditiva por el Ruido generado por el equipo Electromecánico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseños y configuraciones de sistemas de baja emisión de ruido.</li> <li>- Cercados, aislamiento y protecciones adecuadas para los equipos electromecánicos, a fin de disipar y/o mitigar el ruido.</li> <li>- Estructuras del edificio que contribuyan a la disipación del ruido.</li> <li>- Consideración de focos de población para evitar la localización de apoyos</li> <li>- Selección del cable portante-tractor según la tecnología y su configuración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El impacto acústico de los STC en entorno urbano, debido a la densidad de la población expuesta y la coexistencia de otras fuentes de ruido, hacen que la contaminación acústica constituya un elemento central a tener en cuenta. Hoy en día, los equipamientos que ofrecen los fabricantes vienen considerando el factor ruido, toda vez que este factor no era considerado importante en los STC para usos turísticos.</li> </ul>

Continúa →

---

**INTEGRACIÓN MEDIO-AMBIENTAL**


---

ASPECTO	BUENAS PRÁCTICAS	CONSIDERACIONES
Consumo de Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adecuada selección y localización del sistema motriz.</li> <li>- Construcción de redes de transmisión propias.</li> <li>- redes de alimentación eléctrica de respaldo.</li> <li>- Sistemas electrógenos como sistema de evacuación en caso de falta del suministro de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los sistemas de transporte por cable son considerados sistemas energéticamente eficientes, los sistemas monocable incrementan su consumo en relación a la fricción generada por sus apoyos, los cuales se encuentran en función de la carga y cambios de nivel de la línea.</li> </ul>

---

**Tabla 9**  
**Aspectos a considerar en la Integración Económica y Social**

---

**INTEGRACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL**


---

ASPECTO	BUENAS PRÁCTICAS	CONSIDERACIONES
Socialización del sistema a las entidades públicas y la comunidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Socialización del sistema, tanto en las etapas previas a la ejecución como al inicio de operación del sistema.</li> <li>- Atención con la población que será desplazada por la construcción del sistema.</li> <li>- Vinculación de la comunidad en el desarrollo y ejecución del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los proyectos de cables aéreos requieren un Plan de Gestión Social, que minimice los impactos negativos y potencie los positivos con la aparición del proyecto.</li> <li>- Al implantarse en zonas urbanas, los STC requieren algunas veces de la compra de predios, debiendo gestionar posibles desplazamientos.</li> </ul>
Adecuación de espacios para la comunidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Articulación entre la construcción de los sistemas de transporte por cable y los planes de desarrollo urbano</li> <li>- Restitución y mejoramiento de las áreas aledañas al proyecto (pilonas y estaciones).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El urbanismo social es un complemento ideal y necesario para garantizar el éxito y repercusión satisfactoria de los sistemas de transporte por cables aéreos, dentro de comunidades que históricamente han carecido de la adecuada atención del Estado.</li> </ul>
Inclusión de zonas periféricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integración de zonas periféricas a la ciudad, acercamiento a puestos laborales y de servicios.</li> <li>- Propender por el mejoramiento de los índices de desarrollo humano y de calidad de vida</li> <li>- Brindar un acceso igualitario al servicio de transporte, promoviendo la equidad social.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las ciudades en su dinámica de crecimiento no regulado, han crecido hacia zonas periféricas donde el sistema de transporte público no es eficiente. Los sistemas de transporte por cable aéreo son particularmente adecuados e idóneos para suplir este servicio en zonas con difícil acceso.</li> </ul>

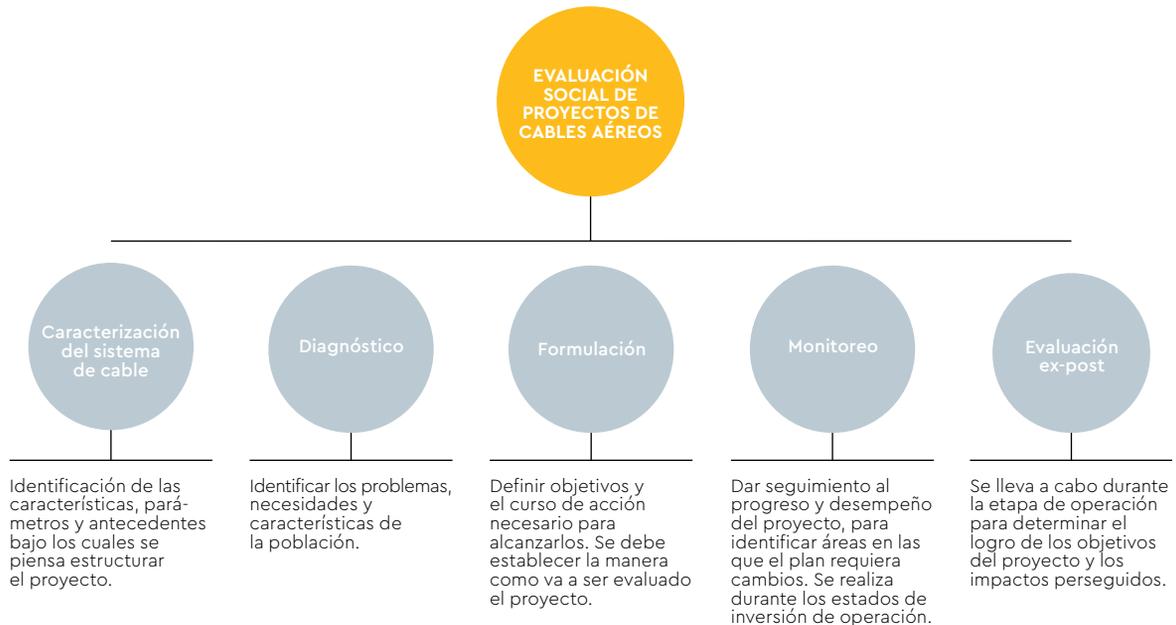
---

# 7 Evaluación Socio-ambiental de los Sistemas de Transporte por Cable

Los proyectos de transporte por cable aéreo, por su naturaleza y connotación generan e incentivan un impacto socio-ambiental favorable en las comunidades donde se implementa; al brindar accesibilidad y facilidad de comunicación a los habitantes de una comunidad. Este proceso lo lleva a cabo a través de una tecnología limpia, amigable con el medio ambiente, que genera baja afectación del suelo, la cual se adapta fácilmente a la topografía, con bajos costos de operación y que mejora la calidad de vida de la población en su entorno.

Uno de los aspectos relevantes dentro de la concepción de estos proyectos, es el establecimiento de mecanismos que permitan cuantificar y valorar de manera confiable y sistemática el impacto socio-ambiental que estos generan dentro de su área de influencia.

**Gráfico 16**  
Etapas de la Evaluación Socio-ambiental de los STC



Con la línea de base se busca resumir y compilar las condiciones socio-económicas y ambientales presentes en la comunidad y grupo social receptor del proyecto. Con esta información, se busca establecer parámetros e indicadores sociales al momento del diagnóstico y sus tendencias futuras. Permite conocer la brecha entre la población objetivo y el resto de la población, así como su distancia con los estándares vigentes.

Una línea base es un elemento fundamental para garantizar el eficaz y efectivo cumplimiento de los objetivos previstos por un STC. Sin esta herramienta se dificulta enormemente la posibilidad de medir los impactos directos e indirectos que se generan dentro de la comunidad en la cual es implementado.

Para elaborarla es necesario disponer de la información más precisa posible, minimizando los márgenes de error de las estimaciones existentes. Esto facilita la posterior medición del impacto de las intervenciones. También es necesario realizar una descripción de la población objetivo y del contexto (los aspectos demográficos, geográficos, económicos, sociales, legales, los grupos relevantes, la oferta y demanda, etc.).

# 8

## Organización Institucional

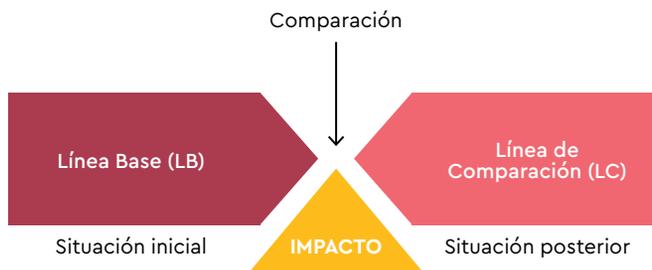
La organización que se encargará de la ejecución del proyecto, la puesta en marcha y futuro manejo de la operación del STC, debe ser considerada y abordada dentro de la etapa de formulación del proyecto con el fin de resolver o plantear oportunamente diferentes aspectos críticos para el éxito de las fases posteriores.

En términos generales, puede establecerse que todo proyecto, durante su ciclo de desarrollo, presenta tres estructuras de organización y administración, que corresponden a las fases de pre-inversión, inversión y operación.

En el estudio de viabilidad del proyecto deben quedar claramente descritos los sistemas de organización que deben darse durante las fases de inversión y operación, con el máximo grado de detalle en cuanto al tipo de empresa, procedimientos administrativos, organigramas, descripción de cargos, costos del personal y demás costos asociados con la forma de la organización que se adopte.

Los sistemas de transporte por cables aéreos que se han concebido y desarrollado en Latinoamérica con propósito de transporte urbano de pasajeros, tales como los sistemas de Medellín, Manizales, Caracas, Río de Janeiro y La Paz; han tenido como promotor y financiador entidades gubernamentales de orden nacional o regional. En la actualidad, es poco probable que una empresa privada ejecute a su costo y riesgo este tipo de proyectos, sin ninguna intervención del sector público. La tendencia que se prevé es que este tipo de proyectos se sigan ejecutando y desarrollando con fondos públicos o mediante alianzas público-privadas, que involucren tanto capital público como privado. De lo anterior, se desprende que los proyectos de transporte por cables aéreos con propósitos de uso urbano –en su gran mayoría– seguirían teniendo una componente total o parcial de recursos públicos.

**Gráfico 17**  
**Clasificación de las Sociedades en un STC Según Aportes**



Dado que la infraestructura resultante de la ejecución del proyecto es un bien público, las entidades locales han adoptado y/o constituido como empresas operadora de los sistemas de cables aéreos, entidades públicas descentralizadas con autonomía jurídica y financiera. De acuerdo a las necesidades de movilidad y posibilidades jurídicas y administrativas particulares de cada proyecto, la sociedad operadora de un sistema de transporte por cable aéreo podría ser de tipo privado, economía mixta, o sociedades entre entidades públicas.

Si se revisa el caso de la mayoría de las entidades operadoras de sistemas de transporte por cable urbano en Latinoamérica, se encuentra que las mismas corresponden a sociedades entre entidades públicas.

**Tabla 10**  
**Caracterización de las Empresas Operadoras en los STC Latinoamericanos**

NO.	INSTALACIÓN	SOCIEDAD	TIPO DE SOCIEDAD	DESCRIPCIÓN
1	Cables Aéreos de Medellín (Línea K, J,L)	Metro de Medellín	Empresa industrial y comercial del Estado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo actividades Industriales</li> <li>- Derecho privado</li> <li>- Personería jurídica propia</li> <li>- Autonomía administrativa, presupuestal y financiera.</li> <li>- Capital Independiente</li> <li>- Fondos públicos</li> </ul>
2	Cable Aéreo de Manizales y Villamaría	Asociación Cable Aéreo	Entidad descentralizada indirecta de segundo grado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asociación entre entidades públicas</li> <li>- Asociación sin ánimo de lucro</li> <li>- Personería jurídica propia</li> <li>- Adscrita al Municipio de Manizales</li> </ul>
3	Teleférico El Alto (Líneas Roja, Amarilla, Verde)	Mi Teleférico	Empresa Estatal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personalidad jurídica y duración indefinida</li> <li>- Patrimonio propio</li> <li>- Autonomía administrativa, presupuestal y financiera.</li> </ul>



# 9 Bibliografía

Agencia para el medio ambiente y Energía – ADEME – (2001). Approche Environnementale de l'Urbanisme, France. [http://www.martinique.ademe.fr/sites/default/files/files/mediatheque/publications/Guide\\_methodologiqueAEU.pdf](http://www.martinique.ademe.fr/sites/default/files/files/mediatheque/publications/Guide_methodologiqueAEU.pdf)

American Public Transport Association (2007). Public Transportation: Benefits for the 21st Century. [http://www.apta.com/resources/reportsandpublications/documents/twenty\\_first\\_century.pdf](http://www.apta.com/resources/reportsandpublications/documents/twenty_first_century.pdf).

Arboleda, G. (1998). Proyectos, Formulación, Evaluación y Control, AC Editores, Colombia.

Brand, P. (2010). El urbanismo social de Medellín, Colombia. Revista de Arquitectura COAM. Colombia

Cohen, E. & Martínez, R. (2010). Formulación, evaluación y monitoreo proyectos sociales División de Desarrollo Social, CEPAL, Chile.

Dávila, J. et al. (2012). Movilidad urbana y pobreza: Aprendizajes de Medellín y Soacha, Publicado por The Development Planning Unit, UCL | Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Colombia.

Federal Highway Administration. (2002). Introduction to JOBMOD. Washington, USA.

Jiménez, L.M. (2011). Transporte y movilidad, claves para la sostenibilidad. Cuadernos de la Fundación General CSIC / N° 4 / LYCHNOS. España.

Unión Internacional de Transporte Público – UITP (2009). Integración del transporte público y de la planificación urbana: por un círculo virtuoso. <http://www.uitp.org/>

Unión Internacional de Transporte Público – UITP (2003). La integración: un desafío para el transporte público. Publicado en español por el Consorcio Regional de Madrid. [http://www.crtm.es/media/112325/integracion\\_desafio\\_transporte\\_publico\\_abril\\_2003.pdf](http://www.crtm.es/media/112325/integracion_desafio_transporte_publico_abril_2003.pdf)

Vargas, V. (2012). Calculus & Feasibility Design of an Urban Aerial Transport System Monocable Detachable Gondola. M.Sc. These.

Yepes, T (2013). La integración de los sistemas de transporte urbano en Colombia una reforma en transición. FEDESARROLLO – Centro de Investigación Económica y Social. Bogotá, Colombia.



