

Adecuación de los sistemas de transporte por cable a fines turísticos no deportivos¹.

Alfonso Orro Arcay

Profesor, Grupo de Transportes, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos, A Coruña, España

Lorena Solana Barjacoba

Colaboradora, Grupo de Transportes, E.T.S.I. Caminos, C. y P., A Coruña, España

Miguel D. Rodríguez Bugarín

Profesor, Grupo de Transportes, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos, A Coruña, España

Mar Chao López

Doctoranda, Grupo de Transportes, E.T.S.I. Caminos, C. y P., A Coruña, España

RESUMEN

Esta ponencia aborda el estudio de los sistemas de transporte por cable para fines turísticos, tales como el acceso a parajes singulares o los recorridos panorámicos, excluyéndose los fines deportivos, ligados a la práctica del esquí. Se indican las tecnologías actuales que pueden emplearse para los fines mencionados: funicular, teleférico de vaivén, telecabina, teleférico de grupo o pulsado, teleférico monocable de doble anillo, teleférico tricable de movimiento continuo y ascensor inclinado. Para las tecnologías más clásicas se exponen las principales innovaciones tecnológicas que se han desarrollado en la última década o están en fase de desarrollo. Se indican las características principales de las tecnologías más recientes. Se concluye la ponencia exponiendo la adecuación de los sistemas analizados a las diferentes circunstancias que se pueden presentar en un problema real, tomando en consideración los condicionantes técnicos, funcionales y económicos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El transporte por cable

El transporte por cable puede considerarse como un modo de transporte independiente, diferente de los modos clásicos como carretera, ferrocarril, aéreo, marítimo y tubería. Es evidente que su importancia dentro del campo global del transporte es muy limitada, tanto en lo relativo a su importancia económica como en lo que se refiere al total de toneladas·kilómetro y viajeros·kilómetro transportados. Se trata, a pesar de lo mencionado, de un modo que se encuentra en un proceso de renovación y evolución tecnológica rápido y constante, por lo que parece oportuno abordar las últimas innovaciones dentro de este congreso. Como es habitual, se va a incluir dentro del transporte por cable a todo sistema de transporte en el que se empleen cables, bien sea para constituir la vía de circulación de los vehículos o bien para transmitir a los mismos la tracción o el frenado. Dentro de estos sistemas aparecen tres categorías claramente diferenciadas, los ferrocarriles funiculares, los teleféricos y

¹ Versión previa a la publicación de la ponencia presentada en el IV Congreso de Ingeniería del Transporte CIT 2000, Valencia, España, 7-9 de Junio de 2000.

los remontapendientes. Convencionalmente se excluye a los ascensores. A lo largo de la ponencia se profundizará en las principales características y variantes de cada uno de estos sistemas.

1.2 Finalidades de los servicios de transporte por cable para personas

En la segunda mitad del siglo XX, la mayor parte de las instalaciones de transporte por cable que se han construido han tenido como finalidad el transporte de esquiadores, encuadradas dentro de las diferentes estaciones de esquí existentes en el mundo. A esta finalidad se la conoce habitualmente como deportiva, si bien dado que el esquí es una actividad deportiva pero íntimamente ligada al turismo, se puede crear alguna confusión con finalidades turísticas, por lo que en el título de la ponencia se ha explicitado la diferencia. Este tipo de instalaciones responden a unos objetivos y circunstancias muy concretas, siendo un transporte interno dentro de otra actividad, y han sido estudiadas ya en profundidad desde hace bastantes años (Tremey, 1971; Doppelmayr, 1997).

Por el contrario, las instalaciones civiles realizadas en el primer tercio del siglo XX se destinaron preferentemente a fines turísticos no deportivos, siendo en general su objetivo el acceso a parajes de montaña antes inaccesibles y de gran belleza. Con posterioridad, dentro de esta misma finalidad, aparecen otro tipo de instalaciones, planteadas como itinerarios panorámicos sobre lugares con algún atractivo especial, tales como parques naturales, recintos de exposiciones, ciudades, etc. La ponencia se va a centrar en la adecuación a esta finalidad del transporte por cable en general y de los diferentes sistemas existentes en particular, denominándosela en adelante finalidad turística.

Otras finalidades a las que atienden sistemas de transporte por cable existentes en el mundo son enlaces de tipo urbano, transporte laboral o servicios equivalentes al de un ascensor privado. En la primera mitad del siglo se construyeron también muchas instalaciones con fines militares. Por otro lado y fuera de los objetivos de este estudio se encuentran todas las instalaciones destinadas al transporte de mercancías.

2. LOS FINES TURÍSTICOS

Dentro de los fines turísticos se pueden distinguir dos grandes grupos principales, el acceso a puntos singulares y los itinerarios panorámicos, con características comunes y matices diferenciadores.

La demanda de este tipo de servicios es muy irregular, concentrándose en fechas señaladas, tales como vacaciones y fines de semana. En este sentido es análoga a la de la finalidad deportiva, aunque en general teniendo como período de utilización el estival en vez del invernal. En el caso de los itinerarios panorámicos sobre espacios naturales y, en mayor medida, sobre recintos de exposiciones, la demanda en los días de utilización intensa de la instalación puede ser relativamente continua, similar a la de una instalación deportiva, aunque

generalmente de menor magnitud. Por el contrario, el acceso a puntos singulares puede presentar mayores irregularidades en el flujo de usuarios, en muchos casos condicionado a la llegada de autocares turísticos. Este hecho va a dificultar en gran medida el dimensionamiento de la instalación.

En muchas ocasiones, al contrario de lo que ocurre de forma habitual en el transporte, el propio viaje es un fin en sí mismo. Esto puede deberse tanto a la propia espectacularidad de los recorridos aéreos y de los paisajes contemplados como a la singularidad del medio de transporte, poco habitual para muchos usuarios. Por el contrario, los recorridos aéreos también pueden generar reacciones de temor en algunos viajeros potenciales, a pesar de que las estadísticas lo revelan como un medio seguro (Doppelmayr, 1997).

3. TECNOLOGÍAS ACTUALES

3.1 Introducción

La innovación tecnológica constante es una característica de los sistemas de transporte por cable, en los que cada nueva instalación es casi un prototipo en el que se ponen en práctica nuevos avances. El objeto de este apartado es hacer un repaso a las principales tecnologías de transporte por cable que están a disposición del experto en transportes para situaciones en que la finalidad es turística. Dado que las descripciones generales y la terminología habitual pueden encontrarse en otras publicaciones (Doppelmayr, 1997; Greco, 1971; Ruiz, 1995), la exposición se centrará en los aspectos más novedosos puestos en práctica en la última década o en fase de estudio en estos momentos.

En una primera visión sintética debe distinguirse un sistema terrestre, el funicular, y diversos sistemas aéreos, conocidos en sentido amplio como teleféricos. Dentro de los sistemas aéreos se encuentra el que habitualmente se conoce como teleférico en el campo técnico (el teleférico bicable de vaivén) y las telecabinas. Han aparecido en los últimos años una serie de sistemas que tratan de reunir las ventajas de teleféricos y telecabinas para una serie de usos. Buscando la sencillez de una pinza fija se ha desarrollado la telecabina pulsada o teleférico de grupo. Con el fin de aumentar el tamaño de vano en los sistemas de movimiento continuo unidireccional se ha avanzado en dos direcciones, los teleféricos monocables con doble anillo transportador (*DMC*, *DLM* y *Funitel*) y los bicables con doble cable portador (*3-S*) Dentro de los sistemas terrestres puede mencionarse también el ascensor inclinado, que permite a un número reducido de viajeros ascender por una pendiente.

Se considera que para el uso que se está analizando no son adecuados, en la práctica totalidad de los casos, los restantes sistemas de transporte por cable: remontapendientes (telesquíes, narrias y teletrineos) y telesillas. Esto es discutible en el caso de los telesillas, que en muchas ocasiones sirven a tráfico turístico puro cuando las estaciones de esquí están cerradas a la práctica deportiva, pero no parece adecuado diseñar un telesilla exclusivamente con fines turísticos, al menos con los niveles de comodidad exigibles en el mundo occidental.

3.2 Funicular

Se entenderá por funicular toda instalación en la que uno o más cables tiran de los vehículos que se desplazan sobre una vía colocada por el suelo o soportada por obras fijas (Orden 14-1-98). Comparte muchas de las tecnologías de los transportes ferroviarios, en especial de los ligeros.

Una de las limitaciones que tradicionalmente presentaba este sistema de transporte es la longitud de la línea. Ésta no puede ser ilimitada ya que el cable resultaría excesivamente pesado y presentaría problemas de dilatación térmica. Por otro lado, la capacidad de la instalación depende de la longitud. La solución habitual al problema técnico fue el establecimiento de estaciones de transbordo intermedias, con las consiguientes demoras e incomodidades para los viajeros.

Una innovación tecnológica que permite paliar en parte este problema ha sido aplicada en 1997 por la empresa *Garaventa* a la renovación del funicular Sierre - Montana - Crans (SMC), que se ha convertido en el más largo de Suiza, con 4200 m. En la configuración original existían dos secciones, que se han unificado. Para ello se ha dispuesto un segundo cable lastre o contracable que permite un comportamiento mecánico más estable y un mejor guiado de los vehículos. Esto se complementa con un complejo sistema de tensado de los cables, ubicado en la estación inferior.

Esta instalación también puede servir de ejemplo para contemplar las últimas novedades en cuanto a vehículos de funicular (*Gangloff* en este caso). Se incorporan las comodidades que presentan los vehículos recientes de otros modos de transporte, como acceso a discapacitados, aire acondicionado, materiales no deslizantes y antivandálicos, etc. En estos vehículos se ha llevado al extremo el concepto del viaje como atractivo paisajístico en sí mismo, a pesar de que esa dimensión es menor que en los sistemas aéreos. De este modo el vehículo está casi completamente acristalado, incluyendo el techo, contando con un amplísimo ventanal frontal y ubicando la cabina del conductor en la parte superior del vehículo. En los compartimentos se han dispuesto pulsadores para que los viajeros indiquen en cual de las estaciones desean apearse.

Otra de las limitaciones que presenta el funicular es la necesidad de que la pendiente de la línea sea aproximadamente constante, dado que los vehículos y las estaciones se adaptan a esa inclinación. Se admite un margen de variación y en parte se puede corregir mediante movimientos de tierra y estructuras, que siempre encarecen la instalación y aumentan el impacto paisajístico. Para disminuir estos problemas y mejorar la comodidad de los pasajeros se están desarrollando vehículos con sistemas hidráulicos que permiten el movimiento de los compartimentos y su adaptación a la pendiente de la línea en cada punto; de este modo el viajero permanece siempre horizontal. *Doppelmayr* ha aplicado ya este sistema en Montreal

(1987), con pendientes variables entre 23° y 62° (42% a 188%). *Garaventa* está estudiando una solución de este tipo para la Expo.01 de Neuchâtel.

En estos momentos ya es posible la explotación completamente automática, reduciendo los costes de personal y manteniendo un elevado nivel de seguridad. Se trata de una instalación muy controlada en la que no son previsibles incidencias. En ocasiones puede llegar a funcionar de forma similar al ascensor de un edificio.

3.3. Teleférico de vaivén

Los teleféricos de vaivén son generalmente bicables y se conocen también como teleféricos pesados o simplemente teleféricos cuando se contraponen a telecabinas y telesillas. Son las instalaciones aéreas que permiten mayores vanos, superiores a 1 km como en Table Mountain (Sudáfrica). Pueden discurrir a gran altura sobre el suelo, el Pliego de condiciones técnicas vigente en España (Orden 14-1-98) permite altura ilimitada si disponen de cabina de evacuación.

Las cabinas para este tipo de instalaciones están en constante progresión, tanto en tamaño como en comodidad, seguridad, estética y aerodinámica. Puede destacarse la cabina de dos pisos y 180 plazas del teleférico de Samnaun (*Gangloff* para *Garaventa*), construida en 1995. Sin embargo es poco frecuente la necesidad de cabinas tan grandes para usos no deportivos.

Otra interesante innovación, orientada específicamente a aumentar la espectacularidad del recorrido en viajes turísticos, es la cabina de suelo rotatorio *Rotair*, desarrollada por *CWA*. En estos momentos existen al menos dos instalaciones en el mundo, Table Mountain en Sudáfrica, construida por *Garaventa* en 1997, con cabinas de 65 plazas y la primera instalada en Titlis (Suiza-1992) con una cabina de 80 plazas, que a pesar de encontrarse en una estación de esquí está abierta todo el año para uso turístico.

3.4. Telecabina

Las telecabinas para uso turístico son instalaciones generalmente monocables, con movimiento circulatorio continuo y pinzas desembragables. Las telecabinas bicables no son habituales. Otros sistemas similares serán considerados posteriormente. Las telecabinas necesitan apoyos más próximos que los teleféricos de vaivén y deben mantener menores distancias al suelo, 60 m como máximo según el pliego español. Por contra, la capacidad es mayor e independiente de la longitud de la línea. Usualmente se circula a velocidad reducida en las estaciones, desacoplando las pinzas del cable transportador. Las cabinas tienen habitualmente capacidades comprendidas entre 4 y 12 viajeros.

Las cabinas para esta instalación están mejorando su aerodinámica, mediante cabinas circulares (por ejemplo el modelo “*Conus*” de *CWA*) y aumentando su tamaño (hasta 30 pasajeros). En la actualidad disponen de apertura, cierre y bloqueo automático de puertas,

ventilación especial y cristales ahumados. La explotación puede ser automática (desde 1966 Val d'Isère y Queenstown; *POMA*).

3.5. Teleférico de grupo o telecabina pulsado

Esta instalación monocable, con pinzas fijas y movimiento circulatorio pulsado puede resultar de gran interés para muchas aplicaciones turísticas. Consta de dos o cuatro grupos de cabinas y se detiene en las estaciones para que los viajeros suban o se apeen. Entre sus ventajas cabe destacar la sencillez de los sistemas de pinzas fijas y su atractivo aspecto. Su mayor desventaja es que la capacidad depende de la longitud de la línea, lo que se podría paliar con más grupos de cabinas, pero esta solución obligaría a un número excesivo de detenciones de los viajeros durante el trayecto.

3.6. Teleféricos monocables de doble anillo

Son una variante de las telecabinas (teleféricos monocables) en las que se disponen dos cables transportadores paralelos, formando una vía. Debe recordarse que el término monocable en el transporte por cable se refiere a que las funciones de sustentación de la carga y tracción se realizan a través de un único cable o grupo de cables, independientemente del número de cables utilizados, mientras que en las instalaciones bicables existen cables destinados a soportar la carga diferentes de los que transmiten la tracción. El doble anillo está formado por dos anillos separados en la patente francesa *DMC (Double MonoCable)* o por un anillo doble en la patente austriaca *DLM (Double Loop Monocable)* y en el "*Funitel*". Los cables se mueven sincrónicamente. Las cabinas suelen ser mayores que en las telecabinas convencionales, por ejemplo 28 viajeros en el *Funitel* de Squaw Valley (USA; *Garaventa*, 1998), 24 en las instalaciones de *Doppelmayr* o 20 en el *DMC*. La gran ventaja de este sistema es que la gran anchura de la vía (3,2 m en el *Funitel* de *Doppelmayr*) confiere una mayor estabilidad frente a grandes vientos y la posibilidad de realizar mayores vanos. Por otro lado, el movimiento circulante y las grandes cabinas hacen que sea un sistema de elevada capacidad.

3.7. Teleférico tricable de movimiento continuo (3-S)

A pesar del nombre que le otorga la empresa creadora (*Von Roll*), que está instalando estos sistemas desde 1990, es un teleférico conceptualmente bicable, dado que tiene dos cables portadores (o cables carril) y un cable tractor. El movimiento es continuo unidireccional. Su objetivo es combinar las ventajas de un teleférico con las de una telecabina. Como el teleférico puede superar grandes obstáculos al permitir vanos grandes y circula a velocidades elevadas, de hasta 8 m/s. Sin embargo, permite que el sistema de embarque y desembarque sea similar al de una telecabina y tiene una capacidad elevada, independiente de la longitud de la línea al ser movimiento continuo unidireccional.

3.8. Ascensor inclinado

Regresando a los sistemas terrestres, parece adecuado mencionar el ascensor inclinado, que es una evolución del plano inclinado hacia el concepto de ascensor. Sus tecnologías se alejan de

la vía clásica de ferrocarril que, con pocas variaciones adopta el funicular, para aproximarse más a las de un ascensor convencional de edificación, un monorraíl o un *People Mover*. En esencia supone una infraestructura de guiado del vehículo en una pendiente generalmente corta y pronunciada. Un único vehículo realiza el trayecto, en general de forma automática. Puede sintetizar el hecho de ser un híbrido del transporte por cable tradicional, el *People Mover* y el ascensor convencional la circunstancia de que uno de los principales fabricantes de este sistema sea la “*Joint Venture*” constituida en 1996 por el famoso fabricante de ascensores *Otis* y la empresa especialista en transportes por cable *Pomagalski* para construir *Automated People Movers* (APM) y ascensores inclinados.

4. ADECUACIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS

4.1. Introducción

El estudio del proceso de selección del tipo de instalación más adecuado a cada circunstancia ha sido abordado en diferentes ocasiones. Puede señalarse la sencilla tabla de adecuación elaborada por la casa *Von Roll*, el estudio sistemático pero ya desfasado de Gilberto Greco (1971) y el planteamiento exhaustivo incluido en la tesis del Dr. Artur Doppelmayr (1997), a la que se puede recurrir si se desea un planteamiento numérico del problema. El objetivo de esta ponencia no es otro que realizar una pequeña síntesis de estos estudios, con alguna aportación nueva, por lo que se omiten las referencias específicas. El ámbito se restringe a la adecuación a los fines turísticos y a los sistemas mencionados.

Se han seleccionado los factores que se han considerado de mayor importancia para la toma de la decisión sobre la adecuación de un sistema a un problema concreto. Frente a un planteamiento de índices, que siempre puede verse como oscuro, o al menos poco transparente, se ha optado por un comentario explicativo. Con el fin de evitar la reiteración excesiva se definen las siguientes abreviaturas para los diferentes sistemas: funicular (FU), teleférico de vaivén (TV), telecabina (TC), teleférico de grupo o pulsado (TG), teleférico monocable de doble anillo (TD), teleférico tricable de movimiento continuo (3S) y ascensor inclinado (AI).

4.2. Condicionantes técnicos.

En general los perfiles cóncavos son convenientes para los TV, que no admiten torres de retención y los convexos para TC y sus variantes. Los FU no admiten pendientes opuestas y salvo las innovaciones mencionadas anteriormente no permiten grandes variaciones en la pendiente y requieren siempre un terreno accesible. Los TV permiten desentenderse del terreno al admitir distancias al mismo ilimitadas. Para el resto de los sistemas aéreos la distancia al suelo y la posibilidad de acceso inciden en la modalidad de salvamento. En los sistemas aéreos la legislación vigente no admite pendientes superiores al 100% salvo en tramos cortos, pero esa pendiente es técnicamente rebasable por todos los sistemas. El TV es poco adecuado para pendientes bajas (<60% y en especial <30%) o desniveles pequeños. El TG es poco adecuado para el cruce de valles. El TV sólo admite tramos rectos, el FU admite curvas y el resto de los sistemas permiten poligonales y curvas en las estaciones de ángulo.

La afección al terreno es mayor en el FU, si bien la franja afectada puede ser de unos 3,5 m excepto en el cruzamiento. Los TV admiten vanos muy grandes (mayores de 1 km), los TD y 3S admiten vanos mayores que las TC, que requieren mayor número de apoyos y circular a menor altura, por lo que puede ser necesario un desbroce del terreno.

4.3. Condicionantes funcionales

En los FU, TV, TG y AI la capacidad depende de la longitud de la línea. Los FU, TC, TD y 3S admiten grandes capacidades (>3000 v/h), aptas para demandas continuas y elevadas. Los FU, TV, TG y AI atienden a la demanda de forma intermitente mientras que el resto de las instalaciones lo hacen de forma continua. Las TC, TD y 3S permiten variar la capacidad de forma sencilla. Para demandas esporádicas del tipo autobuses pueden ser adecuados TV, TG y FU, en los que puede albergarse una excursión sin las incómodas separaciones de grupos, aunque ello va a depender del tamaño de las cabinas. Los AI se destinan a pequeñas demandas en recorridos cortos.

4.4. Condicionantes económicos

Es obvio que requieren un estudio particularizado para cada instalación, que habitualmente debe apoyarse en las empresas fabricantes. En general puede asumirse, para un mismo trazado, que un FU es más caro que un TV y éste que una TC, si bien con capacidades diferentes. El TG es una solución económica y los TD (al menos en su variante Funitel) también pueden requerir menos inversión que una TC pero más que un TG.

4.5. Conclusiones

La experiencia existente muestra que en general se opta por FU, TV y TG para el acceso a parajes singulares, mientras que se opta por TC para los recorridos panorámicos. Los TD y 3S se reservan para circunstancias especiales que requieren sus características junto con capacidades o recorridos no asumibles por un TV, ya sea por la necesidad de menos apoyos y menos afección al terreno como en el caso de importantes parques naturales o por los grandes vientos.

REFERENCIAS

- DOPPELMAYR, A. (1997). *Conceptual Inputs for Optimizing the Functional Efficiency of Circulating Monocable Ropeways*. Wolfurt.
- GRECO, G. (1971). Teleféricos de vaivén. Teleféricos de movimiento continuo. En: *Curso de transporte por cable*, Consejo Superior de Transportes Terrestres, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, pp.57-93
- RUIZ REQUENA, A. (1995). *Sistemas de transporte*. Universidad de Granada, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid.
- TREMEY, G. (1971) Planteamiento general del transporte por cable. En: *Curso de transporte por cable*, Consejo Superior de Transportes Terrestres, M.O.P., Madrid, pp.25-55