

Sector Metalmecánico Sector Eléctrico y Electrónico Sector del Caucho y del Plástico Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación Los resultados Talento al Servicio del Desarrollo Tecnológico

CIFRAS

que se destacan en nuestra gestión de movilidad y responsabilidad social empresarial en el año 2006

LA EMPRESA MEJOR CALIFICADA DE LA CIUDAD

- 9,42 sobre 10 fue la calificación que según el Centro Nacional de Consultoría dieron los usuarios al sistema Metro respecto a la satisfacción con el servicio comercial y con el estado general de las 28 estaciones. El 99% de los encuestados consideró que el Metro es una empresa eficiente, ágil, seria, ética y que trabaja con calidad. Igualmente, el 96% afirmó que está bien administrada y que cuenta con personal altamente calificado.
- 4,5 es la calificación otorgada por "Medellín, cómo vamos" considerando al Metro como el sistema de transporte mejor calificado de la ciudad.
- En el año 2007 nuevamente la empresa obtuvo excelentes resultados en la encuesta realizada por la empresa "Ipsos Napoléon Franco" entre las entidades oficiales del Municipio de Medellín, en materia de Gestión, Favorabilidad y Confianza entre sus usuarios.
- El Metro se ubicó en el primer lugar en estos tres rangos al obtener una favorabilidad de 99%. Entre las de mayor gestión de 4,5 en una escala de 5,0 y entre las de mayor confianza de 4,6.

NUESTROS INGRESOS

63'660.000 dólares fueron los ingresos por venta de tiquetes, representando un incremento de 8%.

3'126.000 dólares son los ingresos por Negocios Asociados representados en publicidad y arrendamientos.

PROYECTO CÍVICA

1'733.000 dólares

fueron desembolsados para el suministro, instalación e implementación de todos los equipos del sistema de recaudo Cívica.

INVERSIONES TECNOLÓGICAS

5'120.000 dólares es la inversión total en 43 meses, para la actualización del sistema de mando y control de los vehículos de pasajeros.

OTRAS CIFRAS DE INTERÉS

125'907.421 fueron los usuarios movilizados representando un incremento de 3'391.502.

16.000 km es el promedio que recorren diariamente los trenes del Metro de Medellín Ltda.

600.000 ejemplares gratuitos fueron entregados en 12 ediciones del periódico Nuestro Metro, una cada mes.

150 periodistas internacionales y 290 delegados de otros países visitaron el Metro con el propósito de conocer nuestra experiencia como medio masivo de transporte.

Para el 2007 el Metro espera movilizar 128'700.000 pasajeros para unos ingresos por venta de tiquetes de 68'420.000 dólares.

CONTENIDO

SECTOR
METALMECÁNICO
P. 8

2



SECTOR
ELÉCTRICO
Y ELECTRÓNICO
P. 12

3



SECTOR DEL CAUCHO Y EL PLÁSTICO P. 18

4



PROYECTOS

DE INVESTIGACIÓN,

DESARROLLO E

INNOVACIÓN P. 26

5



LOS RESULTADOS P. 44

6



TALENTO HUMANO
AL SERVICIO
DEL DESARROLLO
TECNOLÓGICO
P. 52

JUNTA DIRECTIVA

EMPRESA DE TRANSPORTE MASIVO

DEL VALLE DE ABURRÁ

METRO DE MEDELLÍN LTDA.

Aníbal Gaviria Correa Gobernador de Antioquia

Sergio Fajardo Valderrama ALCALDE DE MEDELLÍN

Pedro Juan González Carvajal Director Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia

Carlos Hernando Jaramillo Arango Director Departamento Administrativo de Planeación de Medellín

REPRESENTANTES DEL SEÑOR PRESIDENTE
DE LA REPÚBLICA
Manuel Santiago Mejía Correa
Alberto León Mejía Zuluaga
Ignacio Molina Giraldo
Leonardo Uribe Correa
Nicolás Echavarría Mesa
Alejandro Restrepo Calle
Gabriel Jaime Hurtado Restrepo
Mateo Restrepo Villegas
Luis Enrique Uribe Wills
Lina Vélez de Nicholls

Ramiro Márquez Ramírez GERENTE

REVISTA METRO
Publicación del Metro de Medellín Ltda.
Edición 1 - 2007
ISSN: En trámite

Gerencia General Dirección de Comunicaciones Cl 44 No. 46-001, Bello - Antioquia Conmutador 454 88 88 Línea Hola Metro 510 90 30 www.metrodemedellin.gov.co



GENERAMOS CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO NACIONAL

Con esta publicación la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá, Metro de Medellín Ltda., pretende mostrar a los públicos interesados el alcance de sus estrategias en I+D+i, las cuales ha venido apoyando desde el inicio de su operación comercial en el año de 1995.

Aquí estamos trazando todo un panorama del desarrollo tecnológico del primer metro del país, que ha atravesado un sinnúmero de dificultades de todo orden, desde las jurídicas y económicas, hasta las políticas y tecnológicas, todas ellas superadas para fortuna de nuestros usuarios, de la región y del país.

Queremos ofrecer a Colombia y al mundo nuestro conocimiento y experiencia en el manejo de sistemas de transporte masivo tipo metro el cual nos ha convertido en la única empresa con conocimiento férreo en el país.

Aquí están contenidos desarrollos como los del sector eléctrico, metalmecánico, del caucho y el plástico, y presentamos además varios artículos de fondo escritos por las personas que han estado al frente de los más importantes procesos en estos sectores.

El campo investigativo y académico también tiene lugar en esta publicación, porque consideramos de vital importancia trabajar de la mano con los centros universitarios y de investigación científica.

Con profunda satisfacción queremos, con esta publicación, entregar a la universidad, a la industria, a nuestros proveedores, y en general a todos los interesados, un tema que tiene vital importancia en el ámbito tecnológico.

Nuestro negocio es la movilidad de las personas, y hacerlo de una manera rápida, económica, cómoda y segura, es fruto de nuestra dedicación y esfuerzo por hacer del Metro de Medellín Ltda. una empresa que entrega todos los días a sus usuarios calidad de vida, sin olvidar el importante aporte al medio ambiente, al ser la única opción de transporte masivo limpio en Colombia.

RAMIRO MÁRQUEZ RAMÍREZ

Gerente General

WE GENERATE KNOWLEDGE AND TECHNOLOGY FOR THE NATIONAL DEVELOPMENT

With this edition, the Medellin Metro aims at showing to those interested the reach of the strategies in I+D+i it has been supporting since it started operations in 1995.

Herewith we are tracking the whole view of the technological development of the first metro in the country, which has gone through all types of major difficulties, from juridical to economical, from political to technological. All of them have been overcome for the good of our users, of the region and the country.

We want to offer the country our know-how and experience in the management of metro-type mass transportation systems, the result of twelve long years of business operation.

Next you will find information on the various stages of development in the electrical, metal-mechanic, rubber and plastic sectors. We will also present various background articles written by individuals who have been in charge of the most important processes in those fields.

The academic and research fields are also part of this publication because we think it is of utmost importance to work along with universities and research centers.

Through this edition, we are extremely pleased to share this most important topic with the university, the industrial sector and those interested in it since it concerns all groups of society: the problem of horizontal mobility.

Our business is transporting people the fastest, cheapest, safest and most comfortable way. Our aim is to make the Medellin Metro System into an enterprise that improves our users' daily quality of life.

RAMIRO MÁRQUEZ RAMÍREZ General Manager





I vertiginoso desarrollo de la tecnología en todos los campos relacionados con los medios de transporte, obliga a las empresas dedicadas a la movilización masiva de pasajeros a invertir buena parte de sus recursos en la investigación y la innovación tecnológica.

Luego de terminada la garantía contractual, la empresa Metro de Medellín Ltda., obedeciendo a esa tendencia mundial, inició en su área de Ingeniería un proceso de gran importancia para su supervivencia. Se trata de la sustitución de partes o repuestos que eran suministrados por la casa matriz del fabricante y que ya no se producen, o resulta muy oneroso adquirirlos en el mercado internacional.

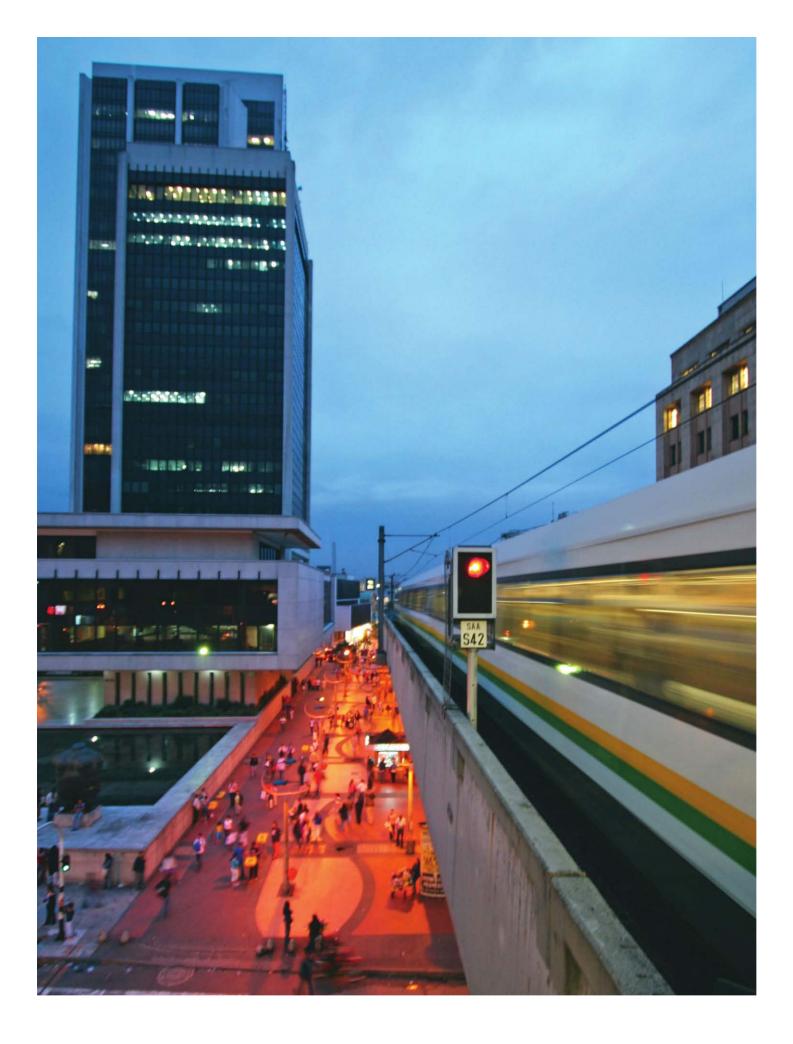
El Metro ha logrado la homologación de elementos

que entran a formar parte de los vehículos, reduciendo la dependencia tecnológica. Esta situación obligó a nuestros ingenieros a explorar alternativas, ya fuera buscando la producción de estas partes en el mercado local o nacional, o diseñando nuevas piezas tecnológicamente compatibles con los estándares internacionales, respetando las propiedades intelectuales e industriales vigentes.

El Metro ha tenido ya un recorrido interesante en el desarrollo y sustitución de componentes; es así como desde el año 2002 ha logrado reafirmar este proceso mediante la elaboración de un plan de desarrollo que comprende la aplicación de ingeniería estándar con estudios diversos sobre análisis metalográficos de laboratorio para la caracterización de materiales, ensayos y levantamiento de metrología y planos.

Este plan de desarrollo ha sido soportado y apoyado por laboratorios de universidades y empresas de reconocido prestigio de la ciudad de Medellín y sus alrededores, lo cual ha permitido la homologación de algunos elementos que entran a formar parte de nuestros vehículos y con los cuales, en la mayoría de los casos, el Metro ha obtenido ahorros significativos por la reducción de la dependencia tecnológica.

Otra característica para resaltar son las excelentes condiciones que presenta el Metro en la actualidad, resultado del trabajo continuo y dedicado por parte de ingenieros y técnicos, manifestado principalmente en trabajos de mejoramiento de procesos y de productos técnicos. Todo este esfuerzo ha hecho del Metro la única empresa en el país que posee los conocimientos en la administración y operación de un sistema de transporte masivo tipo metro, que no ha sido inferior a las expectativas de sus usuarios, ni de sus clientes y proveedores.





I sistema Metro, compuesto por el material rodante, la señalización ferroviaria, el suministro eléctrico, los sistemas de supervisión-control y sus sistemas auxiliares, fue construido por un consorcio hispano alemán y entregado al servicio en 1995, con algunas deficiencias en la garantía del suministro y con incontables elementos de fabricación específica para sistemas férreos, la mayoría de ellos importados.

En la actualidad, el proceso de ingeniería desarrolla, dentro de sus líneas de trabajo, procesos de homologación de partes, al lograr remplazar las piezas que no se consiguen con facilidad en el mercado por otras que cumplen las mismas funciones y que se adquieren comercialmente atendiendo los estándares de calidad exigidos por el Metro.

Así mismo se incentiva la sustitución de partes o repuestos mediante la fabricación local de componentes para el sistema Metro con empresas que han logrado altos estándares de calidad y con la permanente asesoría de los ingenieros del Metro.

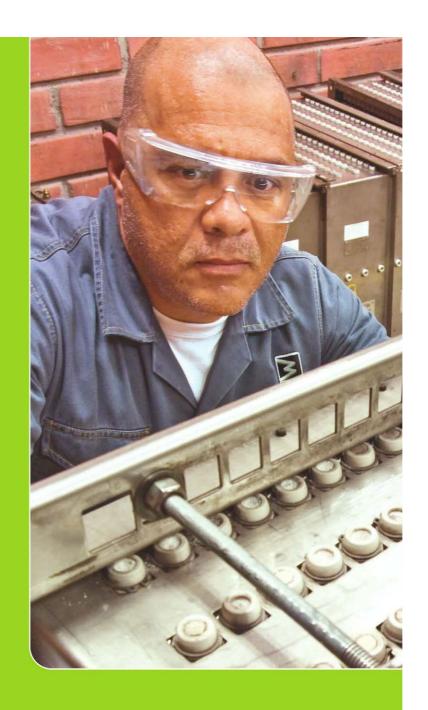
En la sustitución y homologación de productos se requiere efectuar la metrología de detalle y el levantamiento de planos que incluyan las especificaciones técnicas completas de cada producto y sus valores de referencia.

Esto es indispensable para realizar la fabricación, verificación y comparación real de elementos en función de las especificaciones, procesos de fabricación y aseguramiento metrológico, lo cual se hace evidente e indispensable para evitar fallas en los lotes de producción entregados y otros errores en su trazabilidad.

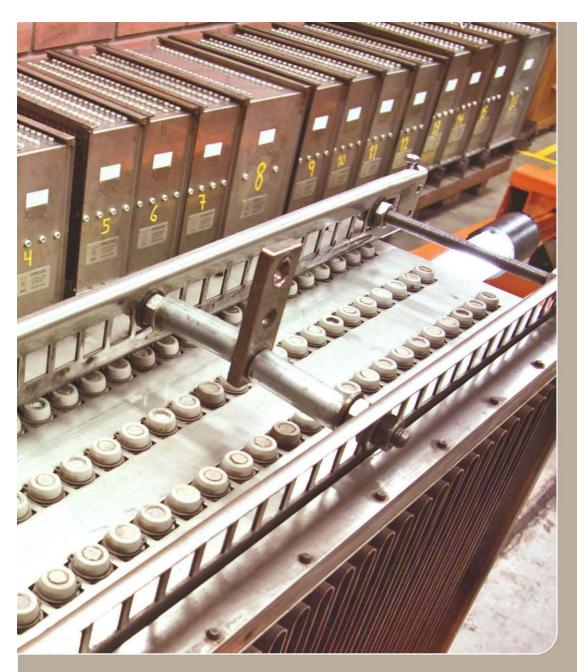
El acompañamiento por parte de los ingenieros del Metro es necesario para garantizar la funcionalidad de las partes construidas y la compatibilidad con los demás equipos instalados.

Por sus características de fabricación y sus aplicaciones en sistemas de transporte férreos y de transporte por cable, la mayoría de los sistemas y equipos no están disponibles permanentemente en el mercado. En los casos en que el Metro ha necesitado adquirir elementos similares, ha debido efectuar la compra hasta con dos años de antelación, considerando los trámites y los tiempos de entrega por parte del proveedor, además de otros costos asociados.

Esta publicación pretende mostrar los resultados logrados hasta hoy.



SECTOR METALMECÁNICO





EL METRO HA LOGRADO implementar importantes desarro-

llos en el sector metalmecánico, entre los cuales se destaca la fabricación de piezas de alta tecnología que remplazan a las originales, que ya no suministra la casa matriz, obteniendo con ello un doble beneficio: para el Metro que supera su dependencia tecnológica y para la pequeña y mediana industria que consigue con ello ampliar y desarrollar sus mercados con grandes posibilidades en un futuro.



l arrastre entre uno y otro coche de un vehículo de pasajeros se efectúa mediante el acople de dos tipos de enganche: uno compacto para acoplar dos trenes entre sí y uno semipermanente para acoplar vagones de un mismo tren. Cada uno de los enganches está compuesto por una serie de elementos metálicos, elastómeros y eléctricos, los cuales se encuentran expuestos permanentemente a las inclemencias del tiempo y a los desgastes propios de la operación comercial.

Resultaría demasiado costoso intentar remplazar un enganche completo sólo por tener deteriorado alguno de sus componentes, ya que éstos no son suministrados habitualmente como repuestos. La empresa ha identificado algunos elementos susceptibles de cambio que terminan su vida útil y ha iniciado su caracterización en asocio con las universidades locales. Algunos de ellos son:

RECUPERADOR AUTOMÁTICO DE POSICIÓN CENTRAL (VÁSTAGO DE GATO DE CENTRADO). MECANISMO DE ENGANCHE. ARTICULACIÓN ALX

Es el eje central de un conjunto denominado gato de centrado, que sirve de soporte a un juego de arandelas cóncavas y convexas cuya función principal consiste en mantener posicionado horizontalmente el enganche mediante la compresión interna.



PERNO DE CENTRADO

Eje cilíndrico de acero con una manzana de mayor diámetro ubicada cerca de uno de sus extremos, que sirve de tope a un resorte de compresión allí alojado. Su función principal es servir de guía para que exista un buen acople de las cajas de contactos eléctricos entre coches al momento del enganche de dos unidades.

También cabe resaltar la identificación de algunos resortes metálicos de diversos equipos que deben cambiarse frecuentemente en razón del cumplimiento de su vida útil. En la página siguiente se reseñan algunos con mayor frecuencia de cambio.



Bloque rectangular de acero con un agujero roscado pasante para fijación y otros orificios laterales para su manipulación. Su función principal es servir de guía en el desplazamiento del dispositivo de tracción y empuje.





RESORTES PARA DIFERENTES APLICACIONES



Espiral de acero inoxidable perteneciente a una subestación de tracción. Su función principal es permitir el accionamiento del trinquete para habilitar la apertura y cierre de un interruptor de potencia.

Este elemento se desarrolló con una exigencia alta en aspectos de calidad y con características especiales de fabricación, ya que una falla en él puede generar la salida de equipos de una subestación y bloqueos del suministro eléctrico a los trenes.

Resortes para el portaescobillas del motor de tracción: su función principal consiste en garantizar un buen contacto eléctrico entre la escobilla y el colector del motor de tracción mediante presión ejercida sobre el primer elemento mencionado, con el fin de mantenerla dentro de las especificaciones suministradas por el fabricante, para evitar un desgaste excesivo de las escobillas así como de las barras del colector y para que no se presenten chisporroteos en la interfase escobilla-segmento de conmutación.

En el proceso de desarrollo se introdujeron variantes importantes en la geometría de las terminales, con lo cual se logró disminuir el esfuerzo de tracción en sus extremos por la modificación del radio de curvatura. Con ello se evitarán algunas fallas sistemáticas de los resortes construidos hoy en México.

Los anteriores son elementos de fabricación compleja por su tamaño y características especiales.

SOPORTE DE ELEMENTOS NIVELACIÓN ARTICULACIÓN ALX

Pieza metálica cuyo papel principal es servir de soporte (guía) a dos resortes que se comprimen para mantener la altura del enganche en la articulación ALX, de tal forma que éste quede en el mismo nivel del enganche de la otra unidad.



TORNILLO DE SUJECIÓN PARA PIEDRAS DE LA PERFILADORA DE RIELES

Debido a la constante rotura de estos pernos en la perfiladora TG8, fue necesario iniciar el proceso de desarrollo local de estos elementos. Se trata de un tornillo metálico cuya función principal consiste en sujetar la piedra de esmerilar.

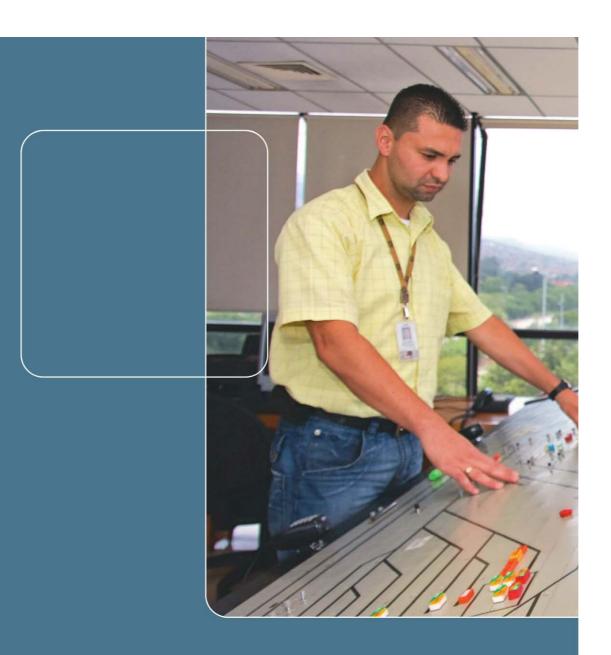


Es considerado un elemento de alta seguridad por las consecuencias que podría generar su rotura y por ello se fabricó bajo normas estrictas de seguridad ya que está sometido a cargas radiales y axiales, compresión y vibraciones; a esto se suma que su trabajo se realiza a altas revoluciones y temperaturas.

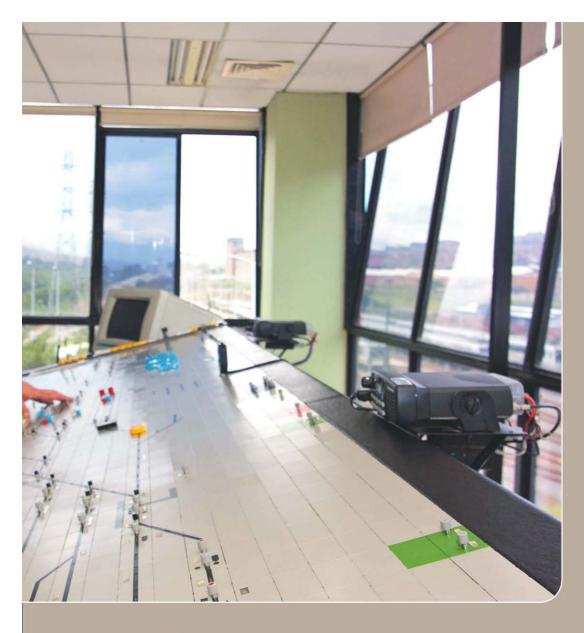
RÓTULA (CAZOLETA) PINZA CABINA METROCABLE

Elemento perteneciente al conjunto de muelles de accionamiento del sistema de embrague y desembrague de la pinza. En su interior aloja un cojinete de bronce que permite los movimientos axiales del eje central de los muelles.





SECTOR ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO





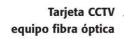
COMO RESULTADO DE LAS INVESTIGACIONES

y gracias a una permanente actitud de mejoramiento, el Metro ha conseguido ahorros apreciables al reparar, en unos casos, y fabricar, en otros, los equipos y tarjetas electrónicas que cumplen procesos muy importantes en la operación eficiente del sistema Metro.

Estas reparaciones son realizadas por su personal en el laboratorio de electrónica. Con ello se logran ahorros considerables ya que se evita incurrir en gastos por compra de nuevas tarjetas electrónicas, en su mayoría por fuera de la línea de producción.

REPARACIÓN DE TARJETAS ELECTRÓNICAS

En el Metro de Medellín Ltda., el área de Ingeniería como soporte a la Gerencia de Operaciones tiene entre sus objetivos lograr ahorros considerables mediante la realización de reparaciones de equipos y tarjetas electrónicas. Estas reparaciones son efectuadas por su personal en el laboratorio de electrónica. No sólo se encarga de la reparación de módulos y tarjetas electrónicas, sino también de dar soporte al personal en las diferentes reparaciones y mejoramientos. Con ello se obtienen ahorros importantes ya que se evita incurrir en gastos por compra de nuevas tarjetas, en su mayoría por fuera de la línea de producción. Como resultado de las investigaciones se ha conseguido desarrollar nuevas tarjetas electrónicas para sustitución o mejoramiento de sistemas existentes. Estos son algunos de los resultados obtenidos:



Módulo TELA

Tarjeta que permite el control del tren en la vía, emitiendo telegramas para el cálculo de las curvas de marcha y frenado.

Módulo de preamplificación doble PAD

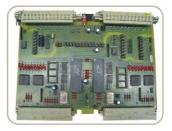
Forma parte del sistema de altavoces y su función fundamental consiste en amplificar la señal de audio de PCC para la emisión de mensajes a los usuarios de las estaciones.

Módulo de memoria G019

Forma parte del control del SIBAS de vehículos de pasajeros. Su función principal es el almacenamiento de información o datos dinámicos.

DESARROLLOS ELECTRÓNICOS

Como resultado de las investigaciones se ha logrado desarrollar nuevas tarjetas electrónicas para sustitución o mejoramiento de sistemas existentes. Estos son algunos de los resultados obtenidos:



Módulo reproductor de audio

El Metro cuenta con un sistema de altavoces en los trenes que para el usuario constituye la única fuente dinámica de información dentro del vehículo y por lo tanto es de gran importancia para la prestación del servicio.

El sistema fue creado con tecnología de los años setenta y gracias al mantenimiento desarrollado por personal del Metro se ha prolongado su vida útil y en la actualidad funciona correctamente tanto en los mensajes emitidos por el conductor como por el Puesto Central de Control (PCC) o con la nueva solución de información al usuario de mensajes más dinámicos que brinda el proyecto VEC-SONIA. De este modo se está aprovechando al máximo este sistema.

El SONIA (Sonido Inteligente a Bordo) funciona en la actualidad por medio de una base de datos controlada por un computador instalado en cada unidad del tren.

Posteriormente, el área de ingeniería, gracias a sus investigaciones, desarrolla un prototipo inteligente totalmente independiente del PC que emite los mensajes de acuerdo con el recorrido del tren, brindando al usuario la información de manera más eficiente. A este se le denomina "Módulo Reproductor de Audio".

Con ello se busca optimizar los recursos del sistema VEC-SONIA, dar viabilidad a la actualización del sistema de altavoces en los trenes y minimizar el margen de error, por medio de mensajes pregrabados en una tarjeta reproductora industrial de audio. Igualmente se pretende



promover la investigación y el desarrollo de las nuevas tecnologías tanto en el interior como en el exterior de la empresa, como mecanismo para la conformación de una masa crítica que apoye al sector ferroviario en los próximos años.



Interfase de comunicación para sistema de altavoces. Tarjeta BUS interfaz para comunicación en el sistema de altavoces de estaciones.

SECTOR ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO



Módulo remplazo STK070

El Metro posee un sistema de altavoces para la comunicación con los usuarios en las estaciones o con el personal operativo para la oportuna atención y colaboración en caso de que suceda un incidente.

La información o los anuncios se pueden enviar desde el PCC (Puesto Central de Control) o desde varios puntos dentro de la estación. En cada estación se encuentra un equipo llamado Variodyn que permite el procesamiento y la emisión de esos mensajes. Uno de los módulos electrónicos que componen este equipo es el ADP, elemento final para la emisión de los mensajes hacia los parlantes de la estación; este elemento posee un integrado que se ha venido deteriorando y ha dejado algunas estaciones sin la posibilidad de emitir mensajes. Dada la importancia de este sistema de altavoces, se debe garantizar permanentemente un correcto funcionamiento del equipo electroacústico (ELA) de las estaciones, lo cual hace necesaria la sustitución de su módulo amplificador por otro de tecnología actual que garantice su perfecto acople y funcionamiento dentro del sistema de altavoces.

Módulo prototipo reloj secundario de estaciones

El sistema de relojes que posee el Metro es importante para la imagen de la Empresa dada su utilidad para los usuarios. Los relojes controladores envían un pulso cada minuto a los ubicados en las plataformas de las estaciones y de esta manera, siempre se encuentran sincronizados a la misma hora en todo el sistema.

La Empresa no cuenta con repuestos para remplazar la tarjeta de sincronización de los relojes y en múltiples ocasiones han estado fuera de servicio mientras la tarjeta electrónica es reparada. Estas tarjetas ya no están disponibles en el



mercado y por lo tanto se requiere efectuar la sustitución de dicha tarjeta por otro módulo electrónico que realice las mismas funciones.

En vista de lo anterior se buscaron alternativas locales tras lo cual se logró desarrollar un prototipo de interfase de control para los relojes de una estación, incluyendo un software.

Este sistema permitirá la sincronización de todos los relojes de una estación de manera remota, además de prolongar la vida útil de este sistema. Dicho módulo se encuentra operando como prototipo en la estación Madera desde el año 2005.



Bulones de conexión eléctrica en enganches de vehículos de pasajeros

Son dispositivos eléctricos que permiten la conducción de señales eléctricas y de control entre coches.

REPARACIÓN LOCAL DE MOTORES DE TRACCIÓN DE VEHÍCULOS FÉRREOS DE PASAJEROS

Los motores de tracción, que son prácticamente el "alma" del sistema Metro, se reparan en la actualidad en Medellín luego de una prolija búsqueda en varias ciudades de la tecnología adecuada y de proveedores que quisieran meterle el hombro a una tarea que demoró cerca de dos años.

Finalmente se encontró el proveedor adecuado y con el apoyo del personal de ingeniería del Metro se están reparando los motores en los talleres de Medellín.



Los beneficios de estas iniciativas son de todo tipo: económicos, técnicos, sociales y académicos.

El Metro posee 126 vagones, de los cuales 84 son propulsados por motores de corriente directa. Cada vagón motriz posee cuatro motores comandados desde un sistema de variación de velocidad denominado Chopper.



Los esfuerzos a que están sometidos esos motores hacen que sea necesario un programa exigente de mantenimiento para garantizar su correcto funcionamiento durante la operación comercial. Además, poseen elementos de desgaste como las escobillas y los colectores.

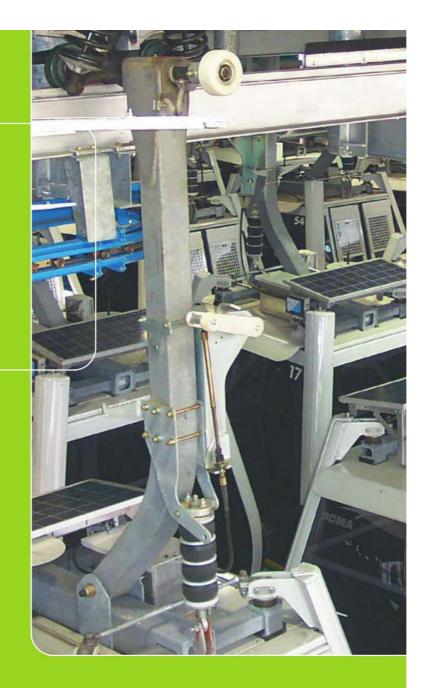
A nivel local, un trabajo arduo de investigación de mercados por parte del personal del Metro y una investigación de normatividad aplicable en el ámbito mundial permitieron desarrollar la metodología para reparar los bobinados y los colectores de los motores de tracción.

Se logró realizar una alianza estratégica con una pyme (pequeña empresa) que apostó a la calidad en la construcción de los bobinados, al desarrollo y construcción de equipos apropiados para tales fines, y a una investigación para la optimización de los procedimientos que tardó aproximadamente tres años, arrojando hoy los frutos que permiten reparar los motores de tracción en dos meses —a diferencia de los 15 meses que tardaba repararlos en España—, con grandes beneficios económicos y de disponibilidad de inventarios para el Metro.

Hoy se reparan motores en dos meses con costos cercanos a los 25.000 dólares. Antes se reparaban motores a 55.000 dólares en 15 meses, con los riesgos adicionales del transporte.



Técnicos de Talleres Tamayo examinando uno de los motores de tracción.



SECTOR DEL CAUCHO Y EL PLÁSTICO





EL SISTEMA DE CABLE AÉREO CUENTA CON UNA

gran variedad de partes de plástico. El sistema férreo, por su lado, cuenta con un amplio número de partes de caucho. En ambos casos estas partes representan grandes consumos y hacen necesario un proceso de homologación como se describe en este capítulo.

DEL CAUCHO

SECTOR El proceso de sustitución de partes ha tenido un especial significado por las dificultades propias del medio. Algunos de esos elementos se encuentran catalogados dentro de las siguientes clasificaciones:

- Aros de caucho (o'rings, empagues para válvulas, retenedores de aceite, sellos de caucho).
- · Biseles de plástico.
- · Placas aislantes.
- · Bujes (para diversas aplicaciones).

Los desarrollos que a continuación se muestran hacen parte, en alguna proporción, de la flota rodante del Metro. Otros se encuentran aún en proceso de desarrollo.

EMPAQUE PARA VÁLVULA DE PURGA



Es un empaque cuya función principal es lograr la estanqueidad (hermetismo) en llaves de paso, válvulas y depósitos de aire comprimido. Está fabricado en un caucho especial para soportar la presencia de hidrocarburos (grasas, aceites, etc.). Este elemento ya se encuentra homologado y ha sido sustituido en la casi totalidad de los vehículos del Metro.

Este es un caso especial ya que dicho elemento forma parte de un kit importado de Brasil o Alemania del cual generalmente sólo se deteriora dicho empague. Con este desarrollo local se evita la compra del kit completo.



CARPAS PARA ENGANCHE

Esta es una innovación desarrollada localmente para evitar la entrada de agua en las conexiones del enganche de los vehículos. Se trata simplemente de una ruana de caucho que envuelve por completo la unión de los dos acoples del enganche protegiéndolos de la entrada del agua lluvia y del lavado y el polvo. Se encuentra implementada en todos los vehículos de pasajeros.



EMPAQUE MOTOR DE TRACCIÓN

Empaque desarrollado localmente para impedir el paso de grasa al interior de los rotores de los motores de tracción de los vehículos de pasajeros y así prevenir cortocircuitos. Fue fabricado en un caucho resistente a la presencia de hidrocarburos y se encuentra instalado en todos los motores de tracción.



EMPAQUE PARA LA CAJA DEL VENTILADOR EQUIPOS DE TRACCIÓN

Desarrollado localmente para garantizar el hermetismo entre las cajas de aparatos de equipos de tracción por el deterioro de la vida útil de los elementos originales. Es un empaque que debe tener una muy buena geometría exterior y una dureza muy homogénea para poder garantizar que no haya presencia de agua y polvo en el interior de estos equipos.

CONTRARRODILLOS PARA LECTORES CODIFICADORES DE TORNIQUETES

Van ubicados en el grupo de lectores de torniquete (sistema de recaudo) y su función principal es el arrastre de los tiquetes desde que ingresan hasta que salen del torniquete.



A pesar de las dificultades, nuestro propósito consiste en mantener el nivel de calidad en el desarrollo local de estos elementos (por las exigencias en la fabricación), ya que se requiere un perfecto balanceo dinámico y paralelismo entre el cuerpo de bronce y el elastómero, además de un nivel de dureza extremadamente constante acompañado de una buena resistencia a la fricción para lograr que el tiquete no atasque el lector del torniquete.

Al principio se montaron en algunos torniquetes de la línea; sin embargo hay que efectuar controles muy exhaustivos de los lotes que se reciben, para garantizar la trazabilidad del producto.



BUJES BLANDOS PARA LAS GUÍAS DE EJES

Son elementos compuestos de varias partes: un bloque circular metálico que se une con otro mediante una rosca y sobre los cuales se vulcaniza un elastómero de una geometría especial. Están ubicados en los extremos de las guías de los ejes motores de los vehículos de pasajeros para mantener alineados completamente los ejes de los bogies.

Su función principal es la absorción de cargas axiales y radiales al paso de los trenes por las curvas del sistema. Antes de su montaje fueron sometidos a muchas pruebas y ensayos en laboratorios de universidades locales, con muy buenos resultados en cuanto a la absorción de vibraciones en general. Están montados en todas las unidades de pasajeros y en la actualidad se efectúan investigaciones con el proveedor local para lograr incrementar la vida útil obtenida en los primeros lotes.

BUJE BIELA DE ARRASTRE

Eje metálico sobre el cual se encuentra un elastómero vulcanizado que a su vez se introduce en los agujeros extremos de un cuerpo robusto de fundición. Su función principal es la absorción de cargas axiales y radiales en el momento de la tracción, marcha y frenado del vehículo. Va ubicado en las bielas de arrastre del coche motor y coche portador, las cuales se acoplan entre arrastrador y bogie a fin de lograr que haya arrastre de los coches. En la actualidad se recibieron las primeras muestras para montaje y seguimiento.



NEUMÁTICO (LLANTA) DE TRACCIÓN PARA TELECABINAS

Ante el deterioro acelerado de la banda de rodadura de los neumáticos del grupo cadenciador del sistema de Metrocable (transmisión de movimiento a las cabinas cuando están en la plataforma de las estaciones), y por la dificultad de consecución local de llantas de ocho pulgadas, se buscaron alternativas a este problema. Inicialmente se logró implementar un proceso de reencauche (único en el país) con excelentes resultados para nuestra aplicación y con el cual se consiguió incrementar la vida útil de las llantas de un mes a un año. La mayoría de los elementos del grupo cadenciador trabaja hoy con llantas reencauchadas localmente.



Conjunto bloque elástico cabina Metrocable

Es la unión de varios elementos que forman parte de la suspensión de las cabinas, para proporcionar confort y marcha suave de éstas en su recorrido por el sistema.



BLOQUE AMORTIGUADOR CABINA METROCABLE

Los elementos topes de elastómero, cuatro por cada cabina, van ubicados dentro de un soporte metálico ajustado con tornillos en cada esquina del techo de la cabina. Su función principal es de amortiguación para el mantenimiento del confort en las cabinas.



TOPE DE PIVOTE EN BOGIE

Van ubicados en los bogies motores y portadores, y su función principal es evitar que el pivote de la caja del vehículo sufra golpes contra el bogie durante la operación normal de los vehículos (actúan como limitante de movimiento del pivote de arrastre).

Deben ser elementos de buena resistencia al impacto, a la deformación, fricción y propiedades de dureza. Están compuestos de una base metálica y un tope plástico unidos por un elastómero mediante el proceso de vulcanizado. En la actualidad hay muestras fabricadas localmente para proceso de montaje, seguimiento y pruebas.



SILENTBLOCK SOPORTE PARA FILTRO DEL MOTOR DE TRACCIÓN

Es un elemento cilíndrico compuesto por dos chapas metálicas en la parte superior e inferior y un elastómero que las une por el proceso de vulcanizado. El centro de una de las placas metálicas va provisto de un perno a efectos de sujeción al motor de tracción para soportar el montaje del filtro. Su función principal consiste en amortiguar las vibraciones generadas por el motor de tracción debido a su propio funcionamiento y a las vibraciones generadas en la vía.

En la actualidad se encuentra en proceso final de homologación después de efectuados los correctivos de rigor.



SILENTBLOCK SOPORTE PARA EL MOTOR DE COMPRESIÓN

Elemento amortiguador de caucho y metal que sirve para soportar el compresor desde la caja del vehículo. Su aplicación principal es absorber las vibraciones que se originan en el funcionamiento del grupo motor-compresor de la caja, para evitar que haya resonancias que se transmitan a la caja del vehículo, con lo cual se obtiene confort en la marcha.

Actualmente está homologada la parte concerniente al elastómero, ya que con el desarrollo local se ha logrado atenuar en un alto porcentaje estas vibraciones. El desarrollo completo de este elemento es vital para el Metro, pues por el momento no existe proveedor para los repuestos originales. Por lo pronto, se trabaja en el desarrollo de la parte metálica para hacer una sustitución completa.



Banda pasamanos para escaleras electromecánicas

Considerada como un gran reto para el desarrollo local por las propiedades asociadas a su material (vulcanizado, longitud, dureza y resistencia a la intemperie Oz y UV), se tiene a prueba una banda pasamanos en una escalera de la estación San Antonio, la cual fue desarrollada en conjunto con un proveedor local. Aún se trabaja en la optimización de esta aplicación.



Algunos desarrollos ya se han implementado exitosamente, otros están en pruebas. El resultado global es una optimización del mantenimiento.

SECTOR DEL PLÁSTICO



BISEL DE PLÁSTICO PARA POLIÉSTER

Este ha sido un desarrollo local sencillo con el cual se están remplazando todos los adornos de las uniones de los diferentes elementos plásticos que conforman el interior de los vehículos, por deterioro o por sustracción de los elementos originales.

BUJES PLÁSTICOS DEL DISPOSITIVO DE TRACCIÓN Y EMPUJE. DIFERENTE DIÁMETRO

Aros circulares plásticos en forma de anillo con un corte en sentido longitudinal para facilitar el montaje y proporcionar un ajuste perfecto al momento del ensamble. La función principal de cada uno de estos elementos es servir como cojinete de fricción al eje central cuando éste se desliza en su interior.



En el momento de tracción y frenado absorbe las vibraciones y el incremento de la temperatura por fricción que se genera en esta función; también impide el ingreso de impurezas al eje. En este desarrollo se ha logrado homologar un procedimiento especial para el maquinado y se han mejorado sustancialmente sus propiedades, mediante el empleo de un compuesto elastómero (plástico industrial), que ofrece mejores características que el material original.





RUEDAS DENTADAS

Otra aplicación importante del plástico industrial se logró en la fabricación de ruedas dentadas para el grupo cadenciador del sistema Metrocable (transmisión de movimiento y potencia en estaciones), por daño del elemento original y por no tener repuestos originales para su remplazo. Se encuentra funcionando correctamente desde mediados del año pasado.



RUEDAS PLÁSTICAS DE CABINAS DE METROCABLE

Desde la puesta en servicio del sistema de transporte aéreo por cable (Metrocable), se observó el deterioro acelerado que se estaba presentando en las ruedas plásticas que forman parte de las cabinas para su estabilización y apoyo (ruedas de circulación verdes, rueda de equilibrio de pinza y rueda de desembrague y embrague de pinza); ante esta situación, fue necesario empezar la investigación de elementos plásticos que ofrecieran mejores características que las originales.

En asocio con proveedores y universidades locales se logró identificar el plástico industrial como elemento sustituto para la fabricación de las ruedas y hoy en día, luego de ensayos y pruebas, el Metro ha implementado ruedas de fabricación local, obteniendo grandes ahorros tanto en los repuestos como en disminución de costos de mano de obra por mantenimiento.

ARANDELA SEPARADORA DE BLOQUES ELÁSTICOS DE SUSPENSIÓN (CABINAS METROCABLE)

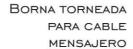
Arandela de material elastomérico (termoplástico). Su función es servir de separadora de los bloques elásticos para evitar una deformación irregular. También sirve para posicionar y asegurar el pivote elástico.





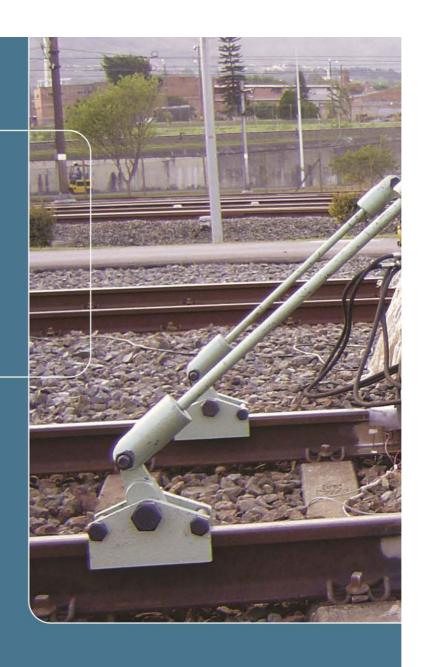
ESTACÓN DE POLIPROPILENO

Elemento que se encuentra en prueba en partes de la vía, cuya función principal será la de aislar las corrientes parásitas que se generan en la vía con el movimiento de los trenes.

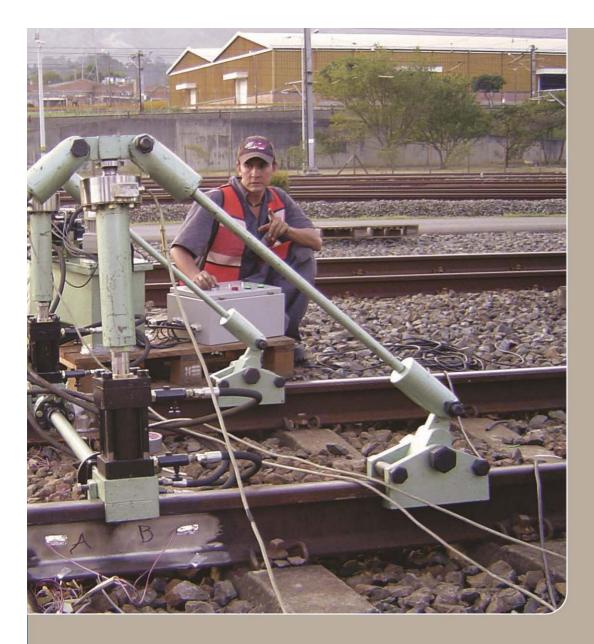


Elemento fabricado en resina colada ciclo alifática cuya función principal es servir de aislador entre el cable sustentador y el tubo transversal de la catenaria (línea de distribución de energía para alimentación de los trenes).





PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN





AL CONTAR CON UN ÁREA DE INVESTIGACIÓN,

Desarrollo e Innovación, el Metro logró una interacción con las universidades y las pymes, generando una actividad permanente de sustitución de importaciones que busca rentabilidac financiera para todos, al conseguir fabricar bienes de capital a costos muy inferiores a los originales, sin comprometer su seguridad y su confiabilidad.

EL PUESTO CENTRAL DE CONTROL



Un EJEMPLO DE INNOVACIÓN PARA LA GESTIÓN EMPRESARIAL

El Puesto Central de Control es un área de gran importancia por ser estratégica para la prestación del servicio y la regulación de las frecuencias de los trenes. Allí operan los sistemas de supervisión y control de trenes, sistemas de control y supervisión del suministro eléctrico, supervisión del circuito cerrado de televisión, entre otros.

Por ser equipos de tecnología de los años ochenta, sus funcionalidades y capacidades eran limitadas, así como también la consecución de repuestos, lo cual iba en detrimento de la confiabiliad de la operación.

Adicionalmente, no son de fácil consecución en el mercado y los que se logra conseguir se obtienen a costos elevados. Por otra parte, por ser de tecnología de hace veinte años, son equipos demasiado robustos y de alto consumo de energía.



Equipos antiquos, de tecnología de los años ochenta.

Ante este panorama, el área de Ingeniería evalúa constantemente las necesidades de la empresa y diseña planes de reposición basados en alternativas de orden económico, tecnológico, operativo y de mantenimiento.

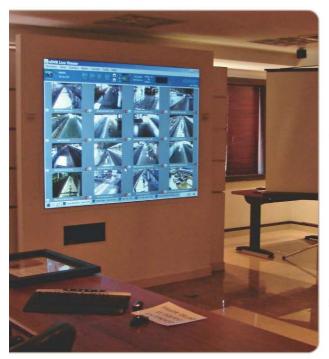
Un ejemplo muy claro de la capacidad de innovación empresarial es el Puesto Central de Control (PCC), donde se instaló todo un nuevo sistema de visualización para el Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) y se desarrolló un Sistema de Gestión de Energía de última tecnología.

Así mismo se está desarrollando un proyecto para el cambio del Sistema de Supervisión y Control de Trenes con componentes totalmente comerciales, adquiribles en el país y con los cuales se supera la dependencia tecnológica.



Equipos de última tecnología hacen parte de la actualización de los sistemas de control y visualización del tráfico de trenes.

Desde el inicio de la operación comercial del Metro en el año 1995, se ha realizado una serie de cambios en el Puesto Central de Control que busca proporcionar seguridad y confiabilidad a la operación comercial.



Visualización del sistema en la Sala de Crisis.

ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

Una de las áreas más importantes en la operación del Metro la conforma el sistema de visualización. Su limitación consistía en que estaba basado en un circuito cerrado de televisión convencional. El equipo de ingeniería de la Gerencia de Operaciones se dio a la tarea de actualizar este sistema y hoy se cuenta con uno de los mejores y más modernos, apto para responder a los estándares más exigentes.

Dentro de esta serie de cambios se destacan:

- · Actualización del sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV).
- Instalación de cubos para permitir la visualización de cámaras de televisión y diferente software con aplicaciones enfocadas a la prestación del servicio, entre otros.
- · Transmisión de imágenes a través de la red de fibra óptica.

Se observa cómo se evolucionó de un circuito cerrado de televisión convencional a uno de los mejores y más modernos. Además se instalaron cubos de retroproyección que permiten tener una visión más clara de los factores externos que pueden influir en la operación comercial.

ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

El fluido eléctrico es fundamental en la operación de los trenes y es uno de los insumos críticos para asegurar la normal prestación del servicio.

Obedeciendo a esta necesidad se cambió el sistema de telecontrol del suministro eléctrico (NLT), proporcionado en 1995, el cual no permitía ampliaciones ni expansiones, por otro de tecnología moderna denominado SGE (Sistema de Gestión de Energía).

El Metro contaba con un sistema de supervisión y control de suministro eléctrico que permitía visualizar en el puesto central de control la información relativa al estado de interruptores, alarmas, valores y consumo de energía de las subestaciones ubicadas a lo largo de sus instalaciones.



Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación

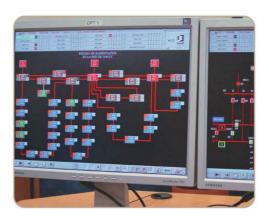
En el año 2005 se cambió este sistema de supervisión y control del suministro eléctrico (NLT) por otro de tecnología moderna denominado SGE (sistema de gestión de energía). Dentro de los factores evaluados por el área de Ingeniería para la realización de dicho cambio se destaca que el sistema NLT no permitía ampliaciones ni expansiones ya que su tecnología era de los años ochenta, con sistemas propietarios sin posibilidades de intervención del personal técnico de la Empresa para la incorporación de nuevas subestaciones, pantallas, gráficos o puestos de trabajo.

El nuevo sistema SGE y su flexibilidad, además de solucionar la obsolescencia de equipos y escasez de repuestos, permite la configuración de nuevas subestaciones y por lo tanto la expansión del sistema ya que su arquitectura es de tipo modular y "abierta". También utiliza interfases basadas en PLC, diferentes a las RTU originales y poco funcionales.



Pantallas utilizadas en el sistema antiguo de control de energía.

> Monitores actuales de supervisión y control del suministro de energía.





SISTEMA DE GESTIÓN DE TRÁFICO 2007 - 2008

Al igual que con el suministro de energía, fue necesario actualizar el antiguo sistema central de control de tráfico del Metro "BLT", por un sistema que solucionara el problema de la obsolescencia de los equipos y módulos tales como: monitores de los puestos de trabajo, computadoras de control central, módulos electrónicos, fuentes de alimentación, componentes y accesorios especiales. Esto permitió importantes beneficios que más adelante se detallan y que posibilitaron incorporar procesos más confiables y versátiles denominados Sistema de Gestión de Tráfico, SGT.

En la actualidad el Metro cuenta con un sistema de control y supervisión de trenes manejado por computadoras ubicadas en el puesto central de control (PCC). Este sistema tiene la función de hacer seguimiento y supervisión de los trenes en la vía comercial y el despacho automático de los mismos.



Respecto de sus principales actividades se destacan: el seguimiento del recorrido de los trenes, el despacho de los trenes por horarios, el estado de los equipos exteriores de la vía tales como las señales, las vías y los cambiavías, además de la visualización de retrasos.

Con la actualización tecnológica del Sistema de Tráfico de Trenes se logrará:

- Contar con una nueva tecnología de gestión de tráfico de trenes para el apoyo efectivo de la operación.
- Solucionar la obsolescencia de los equipos y escasez de repuestos, tales como los monitores de los puestos de trabajo.
- Contar con la tecnología que le permita operar al Metro de una manera más eficiente, posibilitando el posterior crecimiento a nivel de enclavamientos, señales, cambiavías y por ende la configuración y expansión del sistema de supervisión y control.
- Actualizar los sistemas de cómputo existentes, incluyendo el software, para proporcionar mayores niveles de funcionalidad, confiabilidad y disponibilidad de repuestos que los actuales, de manera que se puedan operar con altos márgenes de confiabilidad requeridos por la operación.
- Sustituir los subsistemas actuales de Control, Supervisión de Tráfico de Trenes del PCC de arquitectura
 propietaria, por otros de tipo modular basados en arquitecturas abiertas que faciliten la sustitución de
 equipos y componentes cuando éstos lo requieran sin interrupción de la operación y garantizando la
 expansibilidad, crecimiento, modificación y mejora de dichos sistemas por parte del personal del
 Metro.
- Superar el estado actual de dependencia tecnológica respecto de los proveedores y asegurar el
 conocimiento tecnológico y la capacidad para adecuar los sistemas a nuevos requerimientos del propio desarrollo y crecimiento del Metro.

El nuevo sistema que se está implementando es flexible, estándar, de última generación y con fácil consecución de repuestos. El sistema de supervisión y control de tráfico de trenes está previsto que contará con dos servidores redundantes y estaciones de trabajo estándar con sus respectivos periféricos en el puesto central de control y PLC (programable logic control) de marcas reconocidas en el mercado como interfase con los enclavamientos del Metro.

Tanto el software de interfase con el operador en el PCC como el de los PLC pueden ser configurados por el usuario, lo que facilita los cambios, la expansión y el crecimiento realizado por el mismo personal del Metro, anotando que se utilizará la red de fibra óptica para el intercambio de información entre el PCC y los enclavamientos.

Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación

SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE POSICIÓN DE CABINAS PARA METROCABLE

En vista de que existe la necesidad de identificar la ubicación de las telecabinas en cualquier momento, tanto en el recorrido entre pilonas como a la entrada o salida de las estaciones con o sin movimiento, en el 2006 se desarrolló un software y se diseñó un prototipo que permite realizar seguimiento permanente de cada una de las telecabinas empleando tecnología RF-ID.



Se desarrollará un sistema que consta de receptores y transmisores de RF-ID en cada una de las cabinas y estaciones, de manera que la información sea leída a la entrada y salida de cada estación. La información será almacenada en un computador que permita interactuar con el software diseñado para este propósito.

EL METRO Y LA UNIVERSIDAD



Cada vez es mayor el acercamiento del Metro a los círculos universitarios, no sólo en la parte tecnológica sino también social y cultural.

Los diferentes convenios establecidos con centros universitarios, o con entidades de carácter investigativo como Colciencias, han arrojado importantes adelantos en este campo con resultados muy positivos.

Los convenios llevados a cabo por el Metro con las universidades públicas o privadas, buscan establecer las bases de una mutua cooperación para la realización de proyectos y actividades académicas e investigativas, así como la prestación de servicios tecnológicos, con miras a mejorar la productividad y competitividad del Metro y sus empresas proveedoras, en beneficio de la sociedad colombiana.

La universidad presta los servicios de investigación, asesoría y consultoría de acuerdo con su capacidad en los proyectos requeridos por el Metro, presentando alternativas de solución medibles en indicadores cualitativos y cuantitativos.

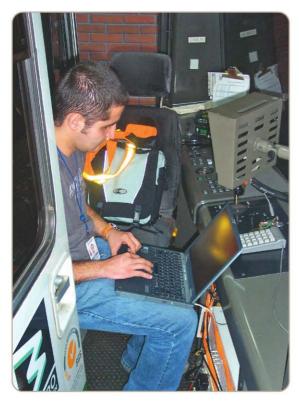
La universidad presta sus servicios por medio del personal docente y especializado, y su infraestructura de laboratorios, para el adecuado cumplimiento del convenio específico, teniendo en cuenta la normatividad existente.

Colciencias forma parte de estas iniciativas mediante un convenio interadministrativo de cooperación técnica, ya que dentro de sus objetivos se encuentran los de financiar parcialmente los proyectos que le presentan centros de investigación como universidades en asocio con la industria, como en el caso del Metro.

SPD - SISTEMA PORTÁTIL DE DIAGNÓSTICO PARA EL SISTEMA METRO: CONVENIO METRO-EAFIT-COLCIENCIAS

En el ámbito internacional existen estándares para las líneas férreas, que determinan los procedimientos y ensayos que se deben realizar para evaluar los diferentes componentes de los vehículos férreos. La empresa Metro de Medellín Ltda. y el grupo de investigación GEMI (Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial), de la universidad EAFIT, con el apoyo de Colciencias realizaron un estudio del comportamiento dinámico de los vehículos de pasajeros teniendo como base la norma internacional UIC 518 (International Union of Railways), con el objetivo de revisar las condiciones de operación actuales del sistema ferroviario.

Esta norma internacional contiene todas las indicaciones para realizar las pruebas de rodadura (rolling stock) de vehículos férreos desde el punto de vista de su comportamiento dinámico, con el fin de evaluar los aspectos de seguridad, fatiga de la vía, y las condiciones de marcha (estabilidad, confort, etc.).



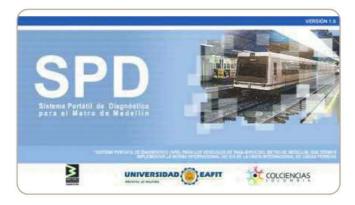
Establece, además, las condiciones de medición de los parámetros de estado de la vía en las diferentes zonas de prueba (tangente y curvas de pequeños y grandes radios) tales como alineación horizontal y vertical, insuficiencia de peralte, entre otros. Adicionalmente se consideraron variables de operación, como es la velocidad del vehículo de pasajeros.

Los puntos de medición, las condiciones de procesamiento automático y estadístico de datos, la evaluación de las cantidades medidas en relación con sus respectivos valores límite se fijaron según la norma.

Innovación nacional e internacional

La implementación de la norma internacional UIC 518 en la flota de vehículos de pasajeros del Metro, en condiciones reales de explotación, constituye una innovación tanto nacional como internacional, ya que este tipo de norma es asociada principalmente con fabricantes de elementos rodantes bajo condiciones especiales de medición tipo polígonos.

La evaluación de aspectos como seguridad y confort de los vehículos de pasajeros permitirá a la Empresa mantener y mejorar la comodidad y calidad del servicio.



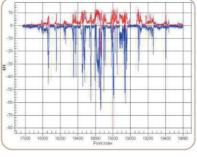
Descripción del proyecto

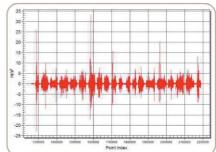
Se desarrolló un Sistema Portátil de Diagnóstico para analizar las aceleraciones y fuerzas que manejan la interfase vía-vehículo del sistema Metro, bajo los criterios de la norma UIC 518.

El Sistema Portátil de Diagnóstico (SPD) está constituido por módulos que permiten evaluar los aspectos de seguridad, confort y condición de estado de la interfase víavehículo; además brinda recomendaciones para que el personal de mantenimiento evalúe el siguiente término de diagnóstico o bien, en algunos casos, permita la intervención temprana sobre algún elemento de la interfase vía-vehículo.

El Sistema Portátil de Diagnóstico (SPD) adquiere y registra variables físicas tales como fuerzas y aceleraciones.

Los diferentes sensores de fuerza y aceleración se ubicaron en los puntos de carga del vehículo, siguiendo las directrices de la norma. En la figura se presenta una señal de fuerza y una de aceleración tomada en un punto del tren. La fuerza aporta datos para la evaluación de la seguridad del sistema. La aceleración permite evaluar la calidad de marcha o confort en el vehículo de pasajeros.



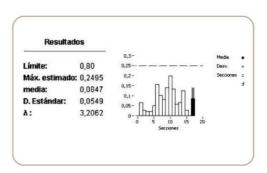


Señales de fuerza y aceleración tomadas en un punto del vehículo de pasajeros.

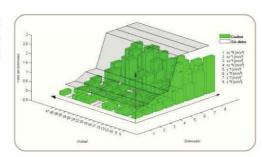
Con el fin de obtener datos homogéneos en las zonas de prueba, se analizó la condición del estado de la vía con base en las desviaciones estándar de la alineación vertical y horizontal de la vía.

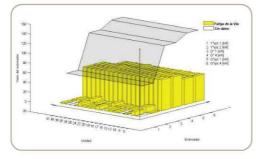
Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación

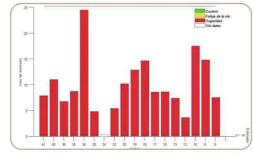
Para la evaluación de los diferentes aspectos de seguridad, comportamiento de marcha y fatiga de la vía se comparan los registros obtenidos con valores límite indicados por la norma o bien se realizan cálculos con base en las recomendaciones de la norma, lo cual se refleja en los reportes que relacionan el valor límite y el valor obtenido.



Los resultados obtenidos de la implementación de la norma UIC 518 en la flota de vehículos de pasajeros del Metro, utilizando una muestra de 18 vehículos, se muestran en forma gráfica.







Resultados que arrojan los datos al analizarlos bajo los criterios de la norma UIC 518 (verde, confort; rojo, seguridad; amarillo, fatiga de la vía).

CONCLUSIONES

- Se implementó la norma internacional UIC 518 en la flota de vehículos de pasajeros del Metro, en condiciones reales de explotación.
- La evaluación de la norma permitirá establecer nuevas políticas de mantenimiento basadas en la condición de estado técnico de la interfase vía-vehículo.
- El evaluar aspectos como seguridad y confort de los vehículos de pasajeros, posibilitará a la empresa Metro mantener y mejorar la comodidad y calidad del servicio.
- La información consignada en el informe final de investigación es la puerta para definir nuevos retos en el mantenimiento de sistemas técnicos complejos.
- Este tipo de investigaciones fortalecen el desarrollo académico e industrial en nuestro país.

SILVIO SALAZAR Ingeniero Mecánico, estudiante de maestría. Profesor Auxiliar Universidad Pontificia Bolivariana silvio.salazar@upb.edu.co

HERBERT KERGUELEN Ingeniero Mecánico, Ms C Profesor Auxiliar Universidad Pontificia Bolivariana herbert.kerguelen@upb.edu.co

JAVIER CRUZ Ingeniero Mecánico, Ph. D. Profesor Titular Universidad Pontificia Bolivariana Iuis.cruz@upb.edu.co

MAURICIO PALACIO Ingeniero Mecánico, MsC Metro de Medellín Ltda. mpalacio@metrodemedellin.gov.co

JAIME PÉREZ Ingeniero Electricista Metro de Medellín Ltda. jperez@metrodemedellin.org.co

PIEDAD GAÑÁN Ingeniera Química, Ph. D. Profesor Titular Universidad Pontificia Bolivariana piedad.ganan@upb.edu.co

PROYECTO IBEROEKA: DESARROLLO DE COMPOSITES A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES POTENCIALMENTE EMPLEADOS EN TRANSPORTE MASIVO

El incremento de la población en las áreas metropolitanas en más de 20% en los últimos veinte años, ha generado serios problemas de transporte colectivo. Para subsanar esta situación, algunas de las estrategias que se han implementado incluyen la expansión de la infraestructura a través de la construcción de nuevas vías e intersecciones a desnivel y ampliación de la capacidad de las vías existentes, o la construcción de alternativas de transporte masivo mediante líneas férreas tal como ocurre en el caso del Metro en la ciudad de Medellín, Colombia.

Sin embargo, uno de los constantes inconvenientes que enfrenta el transporte masivo se centra en el uso adecuado por parte de los usuarios, lo que implica hacer frente a constantes problemas de envejecimiento, vandalismo y deterioro del vehículo, manifestados principalmente en áreas tales como pisos o sillas. Sumado a lo anterior, se encuentran las perspectivas de normativas para el sector, que como en el caso de la Argentina buscan que estos ambientes se conviertan en espacios permanentes de limpieza, desodorización y desinfección, lo que implica que componentes del vehículo como los pisos por ejemplo sean susceptibles de un mayor deterioro debido a la presencia continuada de la humedad, y de agentes químicos requeridos para esta actividad. La combinación de estos factores genera un permanente consumo de materiales, y para el caso de algunas de estas compañías implica altos costos.



Por otro lado, es importante reconocer la cada vez mayor participación de los materiales compuestos en el transporte masivo y férreo debido a las ventajas que ofrecen, entre las que se encuentran reducciones de peso de hasta 50% en piezas estructurales y de 75% en no estructurales, incremento de la velocidad del vehículo, aumento de la potencia, disminución de la inercia y el desgaste de los rieles y mejor eficiencia en la relación que existe entre el tamaño o número de la carga transportada respecto del consumo energético.

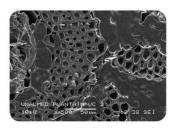
La búsqueda continua de materiales ligeros y que a la vez permitan suplir la constante demanda de reposición de partes en los vehículos es un reto permanente del sector. Más aún cuando existen limitaciones de costos y consecución. Los composites elaborados a partir de fibras naturales pueden proporcionar ahorro de energía, disminución de emisiones contaminantes ligadas a la producción de esta energía, mejor comportamiento dinámico del coche y confort de marcha, además de la apropiada combinación entre bajo

Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación

costo y densidad que brindan. Sin embargo una de sus limitaciones para este tipo de aplicaciones se puede centrar en su desempeño mecánico. Para mejorar este comportamiento, las fibras naturales pueden ser modificadas superficialmente de tal forma que al incrementar la compatibilidad en la interfase fibra natural/matriz polimérica [1-3], las propiedades mecánicas se vean beneficiadas.

Uno de estos procesos corresponde al tratamiento con vapor que permite reducir la presencia de componentes no celulósicos como las hemicelulosas, y propicia cambios en la estructura de la lignina [4-5]. En este trabajo se aborda el desarrollo de diferentes tipos de materiales compuestos elaborados a partir de fibras naturales de origen colombiano, como las aisladas a partir de los residuos de cosecha de la producción platanera, que puedan ser potencialmente empleadas en componentes interiores no estructurales de los vehículos de transporte masivo de pasajeros.

En este caso un tratamiento termo-mecánico empleando vapor, conocido como steam explosion ha sido utilizado con miras a mejorar el desempeño mecánico de los diferentes tipos de composites. La caracterización de los diversos materiales compuestos incluye la elaboración de ensayos de flexión a tres puntos. Adicionalmente han sido realizados ensayos de inflamabilidad.



METODOLOGÍA

Materias primas

Las fibras empleadas corresponden a haces fibrosos extraídos mediante procesos de raspado mecánico de la vena central de plantas de plátano. Todas las muestras fueron obtenidas de la región de Urabá, suministradas por la Fundación Corbananacol. En la figura se aprecia que los haces fibrosos están formados por múltiples fibras elementales, cuyo número condiciona las dimensiones finales del haz.



Micrografías SEM de haces fibrosos aislados de vena central de la hoia. Arriba, corte transversal; abajo, corte longitudinal.

Tratamiento con vapor - steam explosion

Para llevar a cabo el tratamiento con vapor de las fibras de plátano, se empleó un reactor discontinuo de 10 L dotado con un tanque para expansión de 5 L. Las variables para controlar el proceso corresponden a la temperatura y el tiempo de exposición, la condición de tratamiento empleada en este caso fue establecida en un trabajo anterior [6]. Tras la modificación, las fibras se sometieron a un proceso de secado a una temperatura de 60 °C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo fueron molidas a un tamaño de 4 mm con miras a su posterior utilización en la realización de los materiales compuestos.

Elaboración de materiales compuestos

Los materiales compuestos fabricados con fibras tratadas y no tratadas así como con o sin presencia de matriz sintética adicional, fueron elaborados mediante compresión en caliente empleando una temperatura de trabajo de 180 °C y ciclos de presión aplicados durante 15 minutos para lograr una adecuada desgasificación del sistema. Dos niveles de fuerza de cierre durante el proceso de compresión fueron analizados. En la tabla se presenta una convención de los diferentes tipos de composites realizados.

Abreviatura para tipo de muestra	Características de la muestra
U	Sin tratamiento
ST, F1	Tratada con vapor, fuerza empleada= 6,5 t
ST, F2	Tratada con vapor, fuerza empleada= 15 t

Abreviaturas empleadas para designar composites elaborados sin matriz sintética.

En cuanto a los composites realizados con matriz sintética, se utilizó una resina fenólica tipo novolaca con un nivel de captación de humedad de 1,5% y un punto de fusión de 70 °C/min. Para llevar a cabo el curado de la resina, se empleó hexametilentetramina, con una relación de 8,5% respecto de la cantidad de resina fenólica.

Ensayos de caracterización

Las muestras de los diferentes composites fueron evaluadas desde el punto de vista mecánico empleando una máquina universal de ensayos marca Instron 5582 y siguiendo los lineamientos de la norma técnica ASTMD 1037-99. En este caso, el tamaño de las probetas corresponde a 150 x 50 x 4 mm. La relación L/d utilizada corresponde a 16. Al menos 5 probetas fueron analizadas en cada caso. Respecto de la densidad, las muestras se evaluaron de acuerdo con la norma ISO 1183. De forma complementaria, la superficie de rotura de las muestras se analizó empleando un microscopio electrónico de barrido SEM (JEOL JSM, modelo 5910 LV). Debido a las características no conductoras de los laminados, las muestras fueron previamente recubiertas con oro en una cámara Denton Vacuum.

La prueba de flamabilidad fue realizada de acuerdo con la norma ASTM D635. En este caso se utilizó una cámara con un volumen constante de 0,19 cm³.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas de la siguiente página se presentan las características físicas y mecánicas de los composites desarrollados con fibras de plátano tratadas y sin tratar así como con o sin presencia de matriz sintética tipo novolaca. En el caso de los composites elaborados sin la presencia de un polímero sintético se basan en la idea de que los componentes no-celulósicos presentes en las paredes celulares como la lignina, la hemicelulosa y las pectinas remanentes conforman la matriz. Los incrementos registrados tanto en la densidad como en la resistencia máxima (σ) y el módulo de elasticidad (E) sugieren que las variaciones químicas que experimentan algunas de las estructuras no-celulósicas, hemicelulosas y lignina principalmente, presentes en las paredes vegetales de las fibras de plátano tras el tratamiento con vapor, promueven un mejor autoensamblaje en el interior del composite [7]. Por otro lado, al aumentar el valor de la presión de compresión, se observan incrementos sobre el desempeño mecánico y la densidad que podrían estar ligados a alteraciones sobre el lumen de las fibras y una promoción de un mayor grado de plastificación por parte de los componentes nocelulósicos que actúan en este caso como matriz.

Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación

Tipo de muestra	Densidad (g / cm³)	σ (MPa)	E (MPa)
U	1,05 ± 0,03	12,9 ± 3,2	1923 ± 788
ST, F1	1,09 ± 0,03	13,5 ± 1,6	2416 ± 461
ST, F2	1,13 ± 0,05	17,4 ± 2,8	3898 ± 691

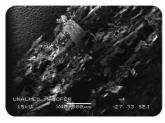
Comportamiento mecánico a flexión de composites elaborados sin matriz sintética.

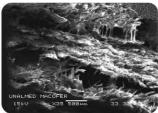
Contenido en fibra tratada (%)	Densidad (g / cm³)	σ (MPa)	E (MPa)
10	1,05 ± 0,05	26,2 ± 3,2	3685 ± 574
20	1,17 ± 0,06	41,8 ± 5,8	5725 ± 898
30	1,14 ± 0,07	49,7 ± 8,0	6106 ± 293
50	1,17 ± 0,08	32,2 ± 6,5	6054 ± 1707

Comportamiento mecánico a flexión de composites elaborados a partir de fibras de plátano tratadas con vapor y matriz fenólica. En el caso de los composites elaborados con matriz sintética, se observa un ostensible incremento del desempeño mecánico con ligeras variaciones sobre la densidad. Este efecto puede estar ligado a que la presencia de la resina fenólica permite mejor la transmisión de carga en el material compuesto. En la tabla inferior también se observa un nivel óptimo de admisión de fibra tratada por parte del composite que se encuentra alrededor de 30% en peso. Estos resultados sugieren que una mayor presencia de fibra afecta el desempeño del material, pues incrementa el número de contactos entre fibra y fibra, promoviendo posiblemente más irregularidades en el interior del material. Los resultados mecánicos obtenidos sugieren que composites desarrollados con ausencia de matriz polimérica pueden ser útiles para aplicaciones no estructurales, en tanto que los elaborados con resina fenólica podrían ser empleados para elaborar componentes del vehículo tales como los pisos.

En orden a tener una mejor comprensión de estos resultados, en las imágenes inferiores se presentan micrografías obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) de las superficies de fractura de muestras de composites con o sin presencia de matriz fenólica. En ambas micrografías se aprecian indicios de adecuada adhesión, en especial en el caso del sistema fenólico, lo que indica que la presen-

cia de la resina permite una mejor humectación en el interior del sistema, mejorando por la transmisión de carga a través de la interfase así como la homogeneidad del material.





Micrografías por SEM de composites elaborados a partir de fibras de plátano. a) sin matriz fenólica, b) 50% en contenido de resina fenólica.

En cuanto a las pruebas de flamabilidad, diferentes muestras de materiales compuestos fueron expuestas a la aplicación de fuego en forma horizontal, de acuerdo con la norma ASTMD 635, de tal modo que sea posible establecer una indicación inicial sobre su potencial resistencia. En la tabla de la página siguiente se presenta la tipología que según la norma tienen todas las muestras evaluadas. Según esto pertenecen a la categoría HB que corresponde a materiales con baja tolerancia a la llama.

Es de anotar que entran dentro de esta categoría debido a que, pese a que no se encienden en los primeros 25 mm, sí lo hacen entre esta marca y la que se registra a 100 mm. Esta situación indica que independiente de la presencia de la matriz fenólica se tiene una baja tolerancia al fuego, y que posiblemente se encuentra más asociada a las características del reforzante. En cualquier caso, estos resultados indican que con miras a la realización de componentes para los vehículos, y en particular aquellos que se encuentran en contacto directo con los usuarios, es preciso evaluar la utilización de agentes retardantes de la llama. También se observa que el tratamiento con vapor empleado tiene baja influencia sobre el desempeño frente a la llama de los materiales desarrollados, pues al igual que ocurre en los demás casos las muestras se encienden entre las marcas de 25 y 100 mm, pese a que este evento tarde mayor tiempo en ocurrir.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo diferentes tipos de materiales compuestos con y sin la presencia de matriz sintética han sido elaborados empleando fibras aisladas de residuos de los cultivos de plátano como elemento de refuerzo. De acuerdo con los resultados obtenidos de la caracterización mecánica, se aprecia que el tratamiento con vapor y el aumento del nivel de presión de compresión empleados permiten incrementar el desempeño mecánico del material. Pese a que los composites desarrollados sin presencia de matriz sintética poseen un desempeño mecánico inferior a aquellos que tienen como matriz resina fenólica tipo novolaca, podrían ser potencialmente empleados

Tipo de muestra Contenido en fibra tratada (%)	Designación
U	НВ
ST, F1	НВ
Composites elaborados a partir de fibras de plátano tratadas con vapor y matriz fenólica.	
10	НВ
20	НВ
30	НВ

para el desarrollo de elementos no estructurales, en tanto que los composites con resina podrían ser utilizados en la fabricación de piezas internas de los vehículos con un mayor nivel de exigencia mecánica, tal como ocurre en el caso de los pisos. Adicionalmente los ensayos de flamabilidad llevados a cabo establecen que todos los materiales desarrollados tienen una baja tolerancia a la llama, lo que indica que es necesario ahondar en el estudio de agentes retardantes del fuego que incrementen este desempeño.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Colciencias por su apoyo económico que ha permitido el desarrollo del presente trabajo.

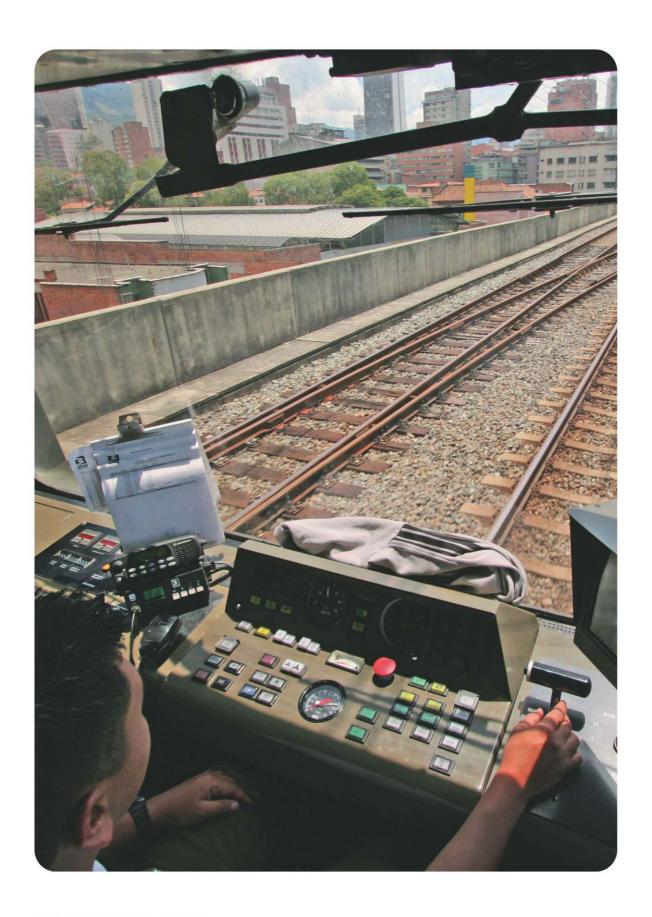
BIBLIOGRAFÍA

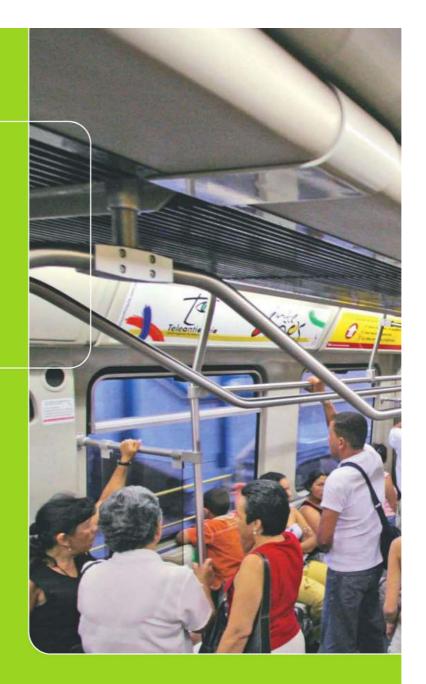
- [1] P. Gañán, and I. Mondragon., "Influence of compatibilization treatments on the mechanical properties of fique fiber reinforced polypropylene composites", International Journal of Polymer Materials, vol. 53, pp 997-1013, 2004.
- [2] J. Gassan, and A. Bledzki. "Possibilities for improving the mechanical properties of jute/epoxy composites by alkali treatment of fibres", Composites Science Technology, vol. 59, pp 1303-1309, 1999.
- [3] L. Yan, M. Wing and Y. Lin. "Sisal fibre and its composites: a review of recent developments", Composites Science Technology, vol. 60, pp 2037-2055, 2000.
- [4] M. N. Anglés, J. Reguant, D. Montané, F. Ferrando, X. Farriol and J. Salvadó, "Binderless composites from pretreated residual softwood", Journal of Applied Polymer Science, vol. 73, pp 2485-2491, 1999.
- [5] C. García-Jaldon, D. Dupeyre, M. R. Vignon, "Fibres from semi-retted hemp bundles by steam explosition treatment", Biomass Bioenergy, vol. 14, pp. 251-260, 1998
- [6] P. Gañán, G. Quintana, J. Velásquez and I. Mondragon, "Green composites from Musaceas agroindustrial residues", in Proc. 2007 Sixteenth International Conference on Composite Materials, ICCM-16, pp 882-883.
- [7] R. Widyorini, J. Xu, T. Watanabe T. and Kawai S. "Chemical changes in steam-pressed kenaf core binderless particleboard", Journal of Wood Science, vol. 51, pp 26-32, 2005.

PROYECCIÓN ACADÉMICA Y CIENTÍFICA EN DESARROLLO DE PROYECTOS

El Metro de Medellín Ltda. abrió sus puertas a las universidades locales desde el año 1995 e inició su primer proyecto de investigación con ellas en el 2003, logrando un doble objetivo: apoyar el conocimiento académico y científico de estos centros para sus desarrollos tecnológicos, y estimular proyectos de investigación que enriquecieran el conocimiento y las prácticas de los estudiantes sobre realidades prácticas y palpables.

UNIVERSIDAD	RELACIÓN	ACTIVIDADES
	Convenio Marco	 Caracterización de materiales para sustitución de importaciones Análisis de fallas de materiales
Universidad	Proyecto	Prototipo de megafonía centralizada
de Antioquia	Practicante	 Apoyo en Evaluación (MACOFER IBEROEKA Materiales compuestos ferroviario)
Escuela de Ingeniería de Antioquia	Convenio Marco	En Investigación y desarrollo
	Convenio con Colciencias	Sistema portátil de diagnóstico Norma UIC 518
Universidad EAFIT	Convenio con Colciencias	 Modelación geométrica y dinámica del vehículo de pasajeros
	Convenio con Colciencias	Anteproyecto Modificación prototipo de un elemento de suspensión del vehículo de pasajeros
	Convenio con Colciencias	 Proyecto en Evaluación (MACOFER IBEROEKA Materiales compuestos ferroviarios) Servicios de Laboratorio
Universidad	Practicante	 Apoya el proyecto de actualización tecnológica del BLT.
Pontificia Bolivariana	Tesis de grado	 Diseño e implementación de fase 1 del simulador para el sistema de mando y control a través del PLC
Universidad	Tesis de grado	Diseño e implementación de fase 1 del simulador para el sistema de mando y control a través del PLC
Nacional	Practicante	Registro tecnológico
	Convenio Marco	En Investigación y desarrollo
Universidad	Proyecto	Sistema de identificación y ubicación de cabinas de Metrocable
de Medellín	Proyecto	Prototipo de megafonía centralizada
	Convenio Marco	En Investigación y desarrollo
Institución Universitaria	Proyecto	Sistema de identificación y ubicación de cabinas de Metrocable
de Envigado (IUE)	Convenio Marco	En Investigación y desarrollo





LOS RESULTADOS





LOS SISTEMAS FÉRREOS PRESENTAN GRANDES

VENTAJAS frente a los demás medios de transporte; una de las más importantes es su tecnología limpia, libre de contaminantes atmosféricos. El desarrollo de esta tecnología única en Colombia, ha arrojado, además, importantes resultados en los últimos años, algunos de los cuales se reseñan en este capítulo.

EL METRO Y LA INDUSTRIA NACIONAL



Apoyo a las Pymes

El Metro firmó con la Asociación Colombiana de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa, Acopi, un Convenio Marco con el cual se pretende impulsar aún más la industria nacional en el tema del desarrollo de productos. También se busca otorgar beneficios al sector productivo, generar empleo y contribuir con el desarrollo del país.

El Metro y el programa "Medellín Mi Empresa"

Con el propósito de mejorar los niveles de calidad en la población del valle de Aburrá, la Alcaldía de Medellín lanzó el programa de asociatividad y liderazgo para Pymes, en los cuales el Metro participa activamente por medio de algunos de sus funcionarios, además participa en el programa de "padrinazgo" el cual busca guiar los planes de mejoramiento para el crecimiento de las Pymes.

El Metro en la "Semana de la Ciencia y la Tecnología" de Colciencias

La semana de la ciencia y la tecnología fue liderada por Colciencias y coordinada en Antioquia por el Centro de Ciencia y Tecnología. Este evento buscó fortalecer a las regiones del país en su capacidad de fomentar la ciencia y la tecnología mediante la promoción de la participación de los distintos sectores de la sociedad para que apoyen con recursos de conocimiento, técnicos y financieros, los procesos de investigación en la población infantil y juvenil. También permitió estimular la realización de proyectos de investigación diseñados y desarrollados por niños y jóvenes de todo el país. El Metro participó activamente mediante conferencias y exposiciones sobre nuestra tecnología a aproximadamente 300 estudiantes del valle de Aburrá.

Algunos contratos efectuados con la industria nacional

- Pruebas al sistema de protección de la catenaria por valor de \$17 millones.
- · Lubricación de balancines y reapriete de fijaciones mecánicas en estaciones y torres en metrocable con la empresa MYSI Ltda. por un valor de \$88 millones.
- Se realizaron ensayos no destructivos y de partículas magnéticas a componentes mecánicos de balancines de Metrocable con la empresa Endicontrol por valor de \$12 millones.
- Mantenimiento mayor a 20 accionamientos de cambiavías tipo S700K con la empresa Systech Ltda. el cual tuvo un costo de \$149 millones.

GENERACIÓN DE EMPLEO LOCAL 2006

Gracias a los convenios y contratos realizados, al modelo de sustitución de importaciones del Metro y la actualización tecnológica, se generó empleo para personal calificado y no calificado, el cual se presenta a continuación:

Actualización tecnológica

Empresa	Objeto	Empleos
Indra	Actualización Sistema Gestión de Tráfico	7
Systech	Actualización del sistema de mando y control de los vehículos de pasajeros	10

Sustitución y desarrollo de componentes

Empresa	Objeto	Empleos
Asmecon	Levantamiento de planos	3
R&R	Desarrollo de prototipos	2
Fluoroplásticos	Desarrollo de prototipos	2
Carboplast	Desarrollo de prototipos	2
Iderna	Desarrollo de prototipos	2
Tamayo Palacio	Reparaciones especiales	4

Operación y mantenimiento de trenes

Empresa	Objeto	Empleos
Recuperar	Servicio de aseo para los vehículos ferroviarios	45
Unión temporal UNAL - U. de A Politécnico	Servicio de conducción de trenes en la línea A y línea B del Sistema Metro	259
Systech	Mantenimiento Preventivo Vehículo de Pasajeros, Revisión 2 - R2	88

Adecuaciones de Infraestructura

Empresa	Objeto	Empleos
Precoodes	Mantenimiento, reparación y/o adecuación de las instalaciones.	40
Soteco S.A.	Tratamiento a la fisuración y carbonatación en las estructuras de concreto en la estación Universidad.	8
MS Construcciones	Obras civiles del centro de acopio de materiales reciclables y residuos sólidos, y construcción de sede para la brigada de emergencias.	20
Francisco Eduardo Arango	Enrocado de protección en las columnas del puente peatonal de acceso a la estación Madera y protección de la margen oriental del río Medellín aledaño a estas columnas.	20
R o R Ingeniería	Mantenimiento correctivo al sistema de apantallamiento en estaciones y edificios.	12
	Otras adecuaciones físicas.	99

AHORRO EN COSTOS POR SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES EN EL AÑO 2006



Durante el 2006 se continuó con el proceso de acompañamiento a proveedores nacionales para lograr la homologación y cumplimiento de normas ferroviarias en la fabricación de diversos repuestos y procedimientos de reparación para elementos electromecánicos, de caucho y plástico, generando ahorros significativos frente a la posibilidad de adquirir dichos bienes en los países de origen (sustitución de importaciones).

Por concepto de sustitución de importaciones por desarrollos nacionales de elementos y repuestos electromecánicos, plásticos y de caucho se obtuvo en el 2006 un ahorro de \$105'000.000.

Algunos de los elementos desarrollados durante el 2006 mediante la sustitución de importaciones fueron:

- · Pasador para amortiguador horizontal vehículo de pasajeros. Eje Metálico
- · Pasador para amortiguador horizontal vehículo de pasajeros. Elastóm
- · Rueda equilibrio pinza cabina de Metrocable
- · Patín traviesa plástica
- · Silentblock filtro motor tracción vehículo de pasajeros
- · Calza baquelita suspensión primaria vehículo de pasajeros
- · Buje interior para eje timonería de freno
- · Buje exterior para eje timonería de freno
- · Buje de caucho para eje timonería de freno
- · Tope lateral superior puertas vehículo de pasajeros.

AHORROS OBTENIDOS SECTOR ELÉCTRICO

Con excelentes resultados, se continuó con la reparación a nivel local de los motores de tracción de trenes, lográndose obtener un ahorro de \$409'000.000 mediante la reparación de siete motores de tracción de trenes y timonería de frenos.

AHORROS OBTENIDOS SECTOR ELECTRÓNICO

En cuanto al sector electrónico se logró obtener ahorros por el orden de \$180'00.000, resultado de reparaciones especiales en el laboratorio de electrónica del Metro y adicionalmente por algunas empresas locales.

Algunos de los elementos electrónicos reparados con los cuales se logró obtener los ahorros antes mencionados son:

- Módulo h-Sidor B100-A211-2 lzb enclavamiento
- Módulo ADP
- Módulo Alimentación Corriente Ams-M431-A5
- · Módulo ADRE
- Módulo WT WTAN Adapt Telemando
- Módulo Trans Emisor-B30-A3-A6 FTGS Enc Cab
- Módulo control (ZUS SA) para enclavamiento
- Módulo UWAZ Indicación Supervisión ZUS 6023

Cuadro resumen de los ahorros obtenidos en el 2006

Detalle	Valor (Millones \$)
Ahorro por desarrollos nacionales de elementos y repuestos electromecánicos, plásticos y de caucho.	105
Ahorros por reparación local de siete motores de tracción de trenes y timonería de frenos.	409
Ahorros por reparación local de elementos electrónicos.	180
Ahorros por reparación de agujas y corazones.	36
Total	731

Todas estas cifras corresponden al año 2006.



RECONOCIMIENTOS

El Metro es la empresa que más se destaca en apoyar a sus proveedores en el desarrollo de tecnologías propias, así como de bienes de capital, según se desprende de las investigaciones realizadas por Gustavo de la Pava, ingeniero vinculado al programa para el apoyo de la industria nacional, denominado "Convenio marco Andi, Acopi y Ecopetrol, para la fabricación de partes y bienes de capital".

Por esta razón entregó un importante reconocimiento escrito a los directivos de la empresa en el cual se destaca un elemento muy importante en este tipo de actividades: el de la confianza mutua para cualquier tipo de desarrollo, ya sea tecnológico, de investigación, innovación o de cualquier otro tipo.

Es la primera vez que se hace esta distinción y es el justo reconocimiento a una empresa como el Metro, que ha creído en las pymes, manifestó De la Pava.

De la mano llegamos más lejos, afirma el director ejecutivo de Acopi "El Metro de Medellín Ltda. es una empresa que da ejemplo en su relación con los proveedores"

En la frase "De la mano llegamos más lejos" se puede resumir la percepción que tiene el Director Ejecutivo de Acopi, Miguel Ángel Echeverri Chavarriaga, frente a la relación que sostienen las micros, las pequeñas y las medianas empresas con el Metro de Medellín Ltda.

Manifiesta, además, que toda relación conlleva una parte cultural, porque para él, en cualquier tipo de actividad, o en cualquier negocio que se establezca, independientemente de cualquier resultado, media primero una relación humana.

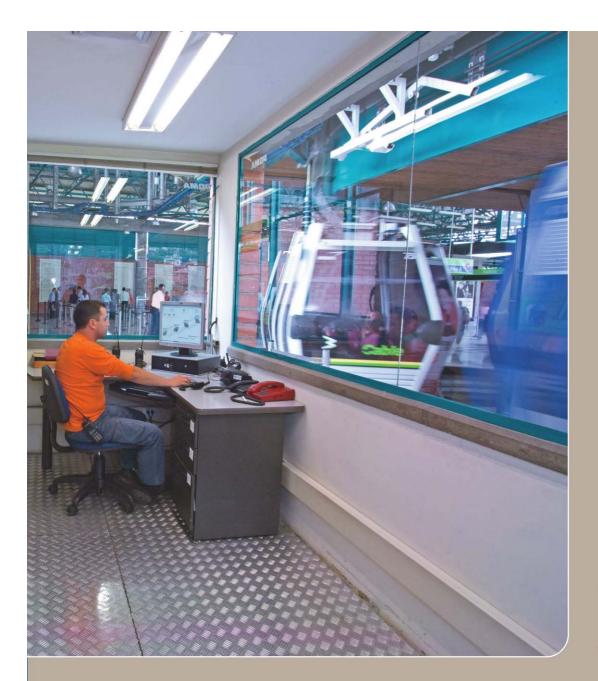
Reflejo de una cultura

"Realmente la relación del Metro con sus proveedores es a su vez el reflejo de la cultura que esta empresa proyecta no sólo con sus usuarios, sino en su parte interna, a través de sus empleados y directivos".

"Fruto de esta cultura y los valores que se desprenden de ella, podemos palpar con facilidad que en el proceso del desarrollo del proveedor hay un acompañamiento muy importante y el Metro invierte además recursos en este proceso porque entiende que es una relación que en último término beneficia a las dos partes".



TALENTO HUMANO AL SERVICIO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO





EL METRO POSEE UN TALENTO HUMANO ÚNICO

EN EL PAÍS especializado en la operación y administración exitosa de un sistema férreo, a la altura de los mejores de Latinoamérica. En las páginas siguientes se presenta un panorama de los proyectos más destacados liderados por el Metro que han causado un gran impacto no sólo por su alcance tecnológico sino también por sus beneficios sociales.

LA SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES COMO MEDIO PARA LA SUPERVIVENCIA TECNOLÓGICA

Jaime Heriberto Pérez Naranjo Ingeniero Electricista, Jefe de Ingeniería Gerencia de Operaciones Metro de Medellín Ltda.



n plan de tecnología en el corto, mediano y largo plazo permite visualizar las inversiones a las cuales estará sometida una empresa, debido al vencimiento de las ventanas tecnológicas y las vidas útiles de sus equipos. Dichos planes deben ser dinámicos y estar afectados por las acciones que se realicen en materia de sustitución de importaciones, apropiación de tecnologías, transferencia de conocimiento y alianzas estratégicas en materia de suministros. Todo con el fin de conservar estándares de efectividad en el mantenimiento y operación de los sistemas.

Colombia es un país en vías de desarrollo donde gran cantidad de industrias y el sector de servicios tienen necesidades de tecnologías y repuestos, y el Metro no está ajeno a estas necesidades.

La industria ferroviaria tiene sus grandes asentamientos en Europa y Estados Unidos. Desde hace pocos años Brasil trata de posicionarse en el suministro de repuestos pero con bajo alcance comparado con los anteriores. Multinacionales como Siemens, Alstom y Bombardier poseen centros de fabricación y distribución de repuestos en Europa y no se prevé una descentralización en el corto plazo hacia Latinoamérica.

Los productores de repuestos, aunque garantizan el suministro por varios años, están sometidos a cambios continuos en sus líneas de producción, lo cual afecta directamente los tiempos de entrega y los costos de fabricación.

SUBSTITUTION OF IMPORTS AS A MEANS OF TECHNOLOGICAL **SURVIVAL**

The railway industry has its origins in the United States, in Europe and a little bit in Brazil.

The spare part market originated in Europe where we find some of the largest multinational companies, such as Siemens, ALSTOM, CAF and others.

Colombia is a developing country. A great number of manufacturing industries have a need for parts, and the Medellin Metro has the same need for parts.

Importing an engine, an electronic card or any other part or machine from Germany implies a lot of red-tape and high costs, which also implies maintaining a great number of parts in stock to prevent a paralysis in production.

A technological plan in the short, medium or long term will allow us to visualize the investments a company is subjected to due to the obsolescence of the technological windows and useful life of the equipments. Those plans must be dynamic and permanently affected by the steps taken in the matter of imports substitution to guarantee the successful maintenance and operation of the equipments.

Although spare parts manufacturers guarantee supplies of parts for several years, they are subjected to continuous changes at the production line. That directly affects the spare part consumers increasing delivery time and production costs of those parts.



Importar un motor, una tarjeta electrónica o cualquier otro repuesto o maquinaria desde Europa, conlleva múltiples trámites, representa elevados costos, y hace necesario contar con grandes stocks de repuestos para evitar parálisis en los procesos productivos y de mantenimiento.

Desde el inicio de su operación, el Metro observó cómo sus proveedores tardaban demasiado en suministrar repuestos y se evidenciaban altos costos en ellos. Igualmente se encontró con un gran número de equipos que se debían reparar en el corto y mediano plazo sin que se evidenciaran costos razonables por parte de los proveedores originales. También observó cómo existía una gran masa crítica de pequeñas empresas que poseían un potencial enorme de conocimiento y un empuje para asumir retos de categoría mundial.

Por otro lado, el entorno universitario colombiano presenta un dinamismo elevado que lo conduce poco a poco hacia la excelencia en la prestación de servicios para la industria. Un impulso a la investigación aplicada permite que las grandes industrias y empresas de servicios puedan acceder al conocimiento universitario y generar soluciones a sus problemas y necesidades de innovación.

Las grandes empresas deben contemplar en su visión, la supervivencia tecnológica, la cual exige un diagnóstico permanente utilizando la investigación, el desarrollo y la innovación como herramientas de mejora continua y como medio para obtener nuevos productos y generar nuevos procedimientos operativos y productivos. Todo esto conlleva la generación de nuevas empresas suministradoras de bienes y servicios alrededor de la gran empresa, nuevos empleos calificados en su entorno y una mayor estabilidad financiera.

From the very beginning the Medellin Metro noticed that parts suppliers took a long time to send parts. It was also evident that spare part prices were high.

While that was happening, the Company found out there were a lot of small, local businesses with a great knowhow and the willingness to accept new challenges, as very few businesses worldwide would dare.

Colombian university surroundings display a great dynamism that leads graduates to excel at providing services to industry. Stimulating applied research is the way the great industries and service oriented businesses can gain access to university knowhow, devise ways to solve problems and meet the needs to innovate.

Having a Department of Research, Development and Innovation allowed the Medellin Metro to interact with universities and the Pymes, generating an ongoing process of of import substitution that seeks, among other things, the following:

Financial profitability for the Metro, the university and the Pymes being able to manufacture goods at prices that are lower than the original while guaranteeing safety and reliability of those goods.

Social wellbeing after generating a high employment to benefit the local job market. Many of the jobs are "high quality type" because they follow international standards in manufacturing and testing trials.

A high knowhow in those areas that deal with imports substitution and manufacture parts.

Maintainability and functionality of systems and equipments, thus guaranteeing a greater utilization during their operational life span while keeping a reasonable life cycle cost.

TALENTO AL SERVICIO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Al contar con un área de Investigación, Desarrollo e Innovación, el Metro de Medellín Ltda. logró una interacción con las universidades y las pymes, generando una actividad permanente de sustitución de importaciones que busca entre otras:

- · Rentabilidad financiera para el Metro, la Universidad y las Pymes, al lograr fabricar bienes de capital a costos muy inferiores a los originales, sin comprometer su seguridad y su confiabilidad.
- Rentabilidad social, al generar una gran cantidad de empleos locales, los cuales son catalogados como "de alta calidad" pues se emplean normas internacionales para la fabricación y las pruebas funcionales.
- · Mayor disponibilidad de sus equipos acompañada de un bajo nivel de inventarios al contar con repuestos de suministro nacional y reparaciones locales.
- Elevado conocimiento en las áreas que desarrollan la sustitución de importaciones y en las empresas que fabrican los repuestos.
- · Mantenibilidad y operatividad de sus equipos y sistemas, garantizando la mayor utilización posible de su vida útil y manteniendo un costo del ciclo de vida razonable.

AUTOR

Jaime Heriberto Pérez Naranjo

Ingeniero electricista de la Universidad Nacional de Colombia, con experiencia en la industria cementera, del carburo de calcio y del papel. En el Metro de Medellín Ltda., desde 1996, ha desempeñado los cargos de supervisor de operaciones, jefe del material rodante y actualmente ocupa el cargo de jefe de Ingeniería en la Gerencia de Operaciones.

Author

Jaime Heriberto Perez Naranjo is an electrical engineer from Universidad Nacional de Colombia. He has had experience in the cement, calcium carbide and paper industries. He has been part of the Medellin Metro since 1996 as supervisor of operations, director of mobile materials, and is the present director of engineering in Management of Operations.

SISTEMAS DE TRANSPORTE POR CABLE AÉREO EN COLOMBIA

La experiencia de la ciudad de Medellín: Del turismo

AL TRANSPORTE URBANO POR CABLE

Luis Pérez Carrillo, Ingeniero Electricista Profesional Dirección de Planeación del Metro de Medellín Ltda.



a topografía agreste de la ciudad de Medellín, con sus barrios enclavados en un valle rodeado de montañas, y el compromiso social del Metro de Medellín Ltda. como empresa del Estado, de ampliar la cobertura de su servicio a estas zonas, afectadas además por sus carencias económicas, sus dificultades sociales y un transporte costoso por las propias deficiencias urbanas del sector y la necesidad de transferir a diferentes modos para llegar a sus destinos de trabajo, motivó a la empresa en el año 2000 a emprender una aventura tecnológica: cambiar la vocación normal de los sistemas de cable, con su uso netamente turístico, a un sistema de trabajo pesado que pudiera utilizarse como transporte urbano de mediana capacidad integrado al sistema masivo tipo metro.

Este reto se enfrentó con la seriedad que un compromiso de tal envergadura lo exigía: desarrollo detallado de todas las fases de estudio y evaluación del proyecto desde los aspectos eminentemente técnicos hasta las implicaciones logísticas, ambientales y sociales del mismo. Se buscó el concurso conceptual de expertos: operadores, diseñadores, consultores, constructores y organismos responsables del desarrollo de este tipo de sistemas a nivel mundial, como la organización mundial del transporte por cable (OITAF).

CABLE CAR SYSTEM
OF TRANSPORTATION
IN COLOMBIA THE
MEDELLIN EXPERIENCE:
FROM TOURISM TO URBAN
TRANSPORTATION
BY CABLE CAR

The harsh topography of Medellin with its barrios cleaved to the mountains surrounding the valley and the social commitment of the Medellin Metro as a state-run-enterprise to serve the community of those working people who live in areas afflicted by social wants, difficulties, lack of money, expensive transportation due mainly to urban deficiencies, and people's need to, somehow, get to their work destinations was what motivated the Company in the year 2000 to undertake a technological journey: to change the current use of cable car systems as tourist carriers into an intermediate capacity heavy duty system for urban transportation integrated to the metro type mass transit system.

This challenge was met with a serious commitment that matched what it required: a detailed development of all phases of the study, evaluation of the project starting with the sheer technical aspects to the logistic, environmental and social implications of the same. The worldwide conceptual participation of experts was sought: operators, designers, advisors, constructors and organizations responsible for the development of this type of systems, such as the world cable-car transport organization (OITAF).

Programs of technical visits to the most operatively demanding cable-car systems were west up. Also, the Company sent delegates to attend congresses dealing with this type of technology and held design contracts and auditing with accredited international firms. The end

Talento al servicio del desarrollo tecnológico

Se establecieron programas de visitas técnicas a los sistemas de explotación de cable más exigentes operativamente, se asistió a congresos de este tipo de tecnología y se realizaron contratos de diseño e interventoría con firmas internacionales acreditadas en esta disciplina.

El resultado final ha sido claro: se confirmó la viabilidad del uso de la tecnología de cable para el transporte urbano y se generó un Know How para la empresa Metro de Medellín Ltda., que hoy se pone a disposición de nuevos proyectos propios y de asesorías que se brindan a otras ciudades de nuestro país y del exterior.

En este documento se presenta una panorámica general sobre la tecnología de cable, los atributos de este tipo de tecnología y la experiencia del Metro en el desarrollo del sistema Metrocable.

EVALUACIÓN DE UN PROYECTO DE CABLE

En la definición de viabilidad de los sistemas de Metrocable, el Metro trabaja bajo la metodología convencional de evaluación de proyectos. La definición de un sistema de transporte por cable aéreo requiere la participación de un grupo interdisciplinario de profesionales que evalúe los condicionantes de este tipo de tecnología y aplique los mejores criterios, de acuerdo con la fase de profundidad del proyecto:

- Estudio de localización y dimensionamiento del trazado. Condicionantes urbanos para ubicación de estaciones, planteamiento de alternativas de trazados con sus estudios básicos de topografía, calidad del suelo y criterios generales de conveniencia del posible sistema que se va a utilizar.
- Estudio del mercado. Es necesario realizar los estudios de transporte adecuados: estudio de origen-destino, aforos de tránsito, motivo de viaje y proyección de demanda, para lo cual existen metodologías específicas y softwares especializados, como EMME2, Trancad, etc. Es clave tomar la decisión acertada en este tema ya que repercutirá en la capacidad práctica del sistema y en los costos de los equipos que se piensan utilizar, en los cuales se podría generar instalaciones con mucha oferta y poca demanda o saturadas desde su inicio.
- Estudio técnico. Con base en la cantidad y la demanda de usuarios se puede tomar una decisión sobre el tipo de sistema más conveniente. Los proveedores de equipos atienden los requerimientos del cliente, pero si no se cuenta con una buena asesoría podrían seleccionarse sistemas costosos y poco eficientes para las necesidades específicas de un sistema urbano, en donde la poca disponibilidad de tiempo para el mantenimien-

result was clear: they confirmed the viability of this technological cable-car use for urban transportation and a new Know How was incorporated in the Medellin Metro Company. The company is already undertaking new projects of its own and is ready to provide assistantships to other cities in Colombia and abroad.

In this document we will present a general view on cable-car technology, the advantages of this type of technology and the experience acquired by the Medellin Metro in the development of the Metrocable System.

Assessment of a cable-car project

The Metro is working under the conventional methodology of project evaluation at defining the viability of the Metrocable systems. The selection of a transit system by cable-car requires the participation of a multidisciplinary group of professionals that can assess the conditioning items of this type of technology in order to apply the best criteria, in agreement with the commitment and seriousness of the project: study of localization and measurement of the route length, urban conditioners to decide where to place the stations, consideration of alternative routes with their basic topographic studies, soil quality and general criteria on the convenience of the likely system to be used.

Marketing study: It is important to carry out the adequate transportation studies: study of departure-destination, traffic capacity, reason for ride and projection of demand, for which there are specialized technologies and specialized software such as EMME2, Trancad, and so on. It is of utmost importance to make the right decision since it will have repercussions on the practical capacity of the system and on the cost of the equipment to be used, which could end up with plenty of supply and little demand, or on the other hand saturated from the very beginning.



to y su uso intensivo piden componentes especiales e instalaciones versátiles en movilidad, comunicación y seguridad. La fase de diseño implica un conocimiento especializado para la ubicación de torres de sostenimiento (pilonas), número de cabinas, motorización, alimentación eléctrica, control y equipos complementarios del sistema.

- Estudio ambiental. Los sistemas de cable son tecnologías limpias que en Colombia no requieren licencia ambiental, pero deben evaluarse los efectos ambientales durante la fase de construcción y operación, para tramitar permisos puntuales y elaborar el Plan de Manejo Ambiental. Temas como regímenes de viento, nivel ceráunico y apantallamiento eléctrico son específicos para estos sistemas.
- Estudio social. Este aspecto es el determinante del éxito de un sistema urbano por cable, en el cual el trabajo comunitario determinará la real viabilidad del proyecto. Temas como el tratamiento de utilidad pública del proyecto, integración social Estado-comunidad, sobrevuelos, generación de empleo y compra de predios son aspectos clave en la viabilidad social del futuro sistema.
- Estudio administrativo. De acuerdo con las exigencias del nuevo sistema y los horarios de operación, debe definirse el número de cargos y el perfil de los empleados. Además de los cargos técnicos, deben considerarse los requerimientos de logística y administración de un sistema que pueda operar en tres turnos laborales.

Technical study: The decision on the type and most convenient of the systems can be reached based on the quantity of and demand by users. Equipment suppliers are always tuned to a client's requirements, but if the there is no participation of expert consultants the choice of equipments for the system might not be the right one, perhaps turning into a costly and inefficient project in which there is very little time available for maintenance and where its continuous use will require the installation of special components, versatile in mobility, communication and safety. The design phase will require specialized knowledge for the construction of the support structures (pylons), number of cable-cars, motorization, electricity supply, controls and supplementary equipment to the system.

Environmental study: Cable-car systems have a clean technology and do not require environmental licenses for construction. However, all environmental aspects and effects during the construction and operational stages must first be assessed in order to obtain prompt clearances and elaborate the plan of environmental management. Topics such as wind factor, keraunic level and electrical screening are specific systems for the cable-car system.

Social study: This is the key determiner of success to a cable-car urban system, in which community work will determine the true project viability. Topics such as the handling of the project's public usefulness, government-community social integration, flights, job creation and land purchases are key aspects in the suture system's social viability.

Administrative study: The number of job openings and employee profile must be defined according to the requirements of the new system and its operational schedules. Besides the technical positions, logistics and managerial requirements in a system that will operate with three-work-shifts must be considered.

Talento al servicio del desarrollo tecnológico

Evaluación financiera. Determina si es viable la inversión económica que se quiere realizar y especialmente su sostenibilidad en el tiempo. Además de los costos de inversión, resulta importante considerar costos de operación y mantenimiento, costos de reinversión y repuestos. La consideración de vida útil, valor de reposición y período de evaluación serán importantes dentro de los criterios de evaluación financiera y dependen de parámetros técnicos y uso de la instalación.

La realización de los estudios para el Metrocable es coordinada directamente por el Metro, que ejecuta la mayoría de estos y cuenta con el apoyo de firmas expertas para el tratamiento de los temas de mayor especialización. Con base en el conocimiento adquirido se está asesorando a diferentes ciudades de Colombia y el exterior en la prefactibilidad técnica, contractual y operativa de proyectos similares, especialmente por los aspectos inherentes a los sistemas urbanos, en donde la única referencia mundial es el Metrocable, por lo que sus indicadores de uso intensivo reflejan la realidad de los costos y su sostenibilidad, sumados a la experiencia en el manejo social y ambiental en entornos complejos.

SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE CABLE

En la selección de un sistema de transporte por cable deben tenerse en cuenta las posibilidades existentes:

Sistemas férreos a nivel o en viaducto como los funiculares, que son dos trenes en vaivén fijos a un cable, o el nuevo concepto de minimetro, que permite tener mayor cantidad de vehículos de pinza desenganchable aumentando la capacidad de la línea. En general los funiculares tienen poca oferta de pasajeros, generan un efecto barrera en su ubicación y son costosos comparativamente con su capacidad.

Sistemas aéreos, como los teleféricos, las telecabinas y las telesillas, cuya selección depende de los condicionantes topográficos, del uso requerido y de la demanda de usuarios estimada. Los teleféricos son sistemas con dos cabinas en vaivén, que salen de los extremos de la línea al mismo tiempo y llegan simultáneamente al otro lado, son ineficientes para movilizar grandes volúmenes de usuarios y se adaptan especialmente a condiciones topográficas severas. Las telesillas son equipamientos básicamente para el turismo y se utilizan para trazados a poca altura del suelo. Las telecabinas son el sistema más versátil para mover grandes flujos de pasajeros, ya que permiten instalar en la línea un número mayor de cabinas que los teleféricos, incrementando la capacidad del mismo; son sistemas circulantes básicamente monocables.

Financial assessment: It is really critical to decide if the financial investment to be made and, especially, if its sustainability through time is viable. Besides the costs of money, it is important to ponder on the operational and maintenance costs, reinvestment costs and spare parts. Taking the productive life, reposition costs and the assessment period into account will be important for the financial assessment criteria. They depend on technical parameters and on the use of installation.

The elaboration of studies for Metrocable is directly coordinated by the Medellin Metro, which is in charge of most of them and has the financial backing of experienced firms dealing with the most specialized topics. Based on the acquired knowledge and experience, the Metro is advising different cities in Colombia and abroad on the technical, contractual and operational feasibility of similar projects, especially because of the inherent aspects of urban systems, in which Metrocable is the only reference worldwide. Its intensive use indicators reflect he real costs and sustainability, added to the experience of managing complex social and environmental surroundings.

Selecting a cable-car system

When selecting a cable-car type of transportation system, several existing possibilities must be taken into account:

Surface rail systems and viaduct systems such as a funicular railway which consists of two railway cars attached to a cable, or the new mini-metro concept, which allows for a greater number of detachable-hook type of vehicles, thus increasing line capacity. Funiculars usually have little passenger offer, they generate a barrier-like effect in their positioning and are comparatively expensive in terms of capacity.

Los cables remolcados, equipos con pértigas individuales, telesquí, específicamente para el turismo de nieve.

PRINCIPALES COMPONENTES ELECTROMECÁNICOS DEL METROCABLE

Los principales elementos que conforman el sistema son:

- Grupo motriz. La cadena cinemática está compuesta por el bloque motor-reductor-polea motriz, con respaldo de un equipo de socorro diésel que alimenta un grupo motriz hidráulico o eléctrico. En este aspecto es importante tener un sistema redundante que permita una operación normal y cuente con un respaldo en caso de fallos. También se debe evaluar la posibilidad de un doble tiro en la alimentación eléctrica o un motor de respaldo diésel.
- Equipos de línea. Constituidos por las cabinas y los equipos que permiten el desplazamiento de éstas en su recorrido: pilonas de sostenimiento, cable tractor, línea de seguridad, control antidescarrilamiento y equipo hidráulico de tensión en la estación retorno.
- Equipos de seguridad y control. Cada estación cuenta con un cuarto de control, equipado con PLC que gobiernan la operación del cable y verifican las principales variables del sistema, como frenado, temperatura de motores, pesaje de cabinas, apertura de puertas, velocidad del viento, tableros de potencia, garaje de cabinas, etc.

Desde estos tableros se controlan especialmente los sensores y equipos de seguridad del sistema.



The selection of aerial systems such as cable-cars, cable-cabins and summit-chairs depends on topographic conditions, specific use and estimated users' demand. Cable-cars are systems with two swinging cars hanging from a cable. They depart and reach the end station at the same time but are inefficient at moving great numbers of users. They adapt easily to harsh topographic conditions, though.

Summit chairs are basically for tourists and they travel at a low altitude. Cabins are most versatile to move great numbers of passengers because they allow for a greater number of cabins installed on the line than cable-cars, thus increasing capacity. They are basically mono-cable circulating systems.

Main electromagnetic components of Metrocable

The main elements that make up Metrocable are:

The engine group: The kinematic consists of the engine block — reducer — motor pulley, with the backing of diesel emergency equipment that drives a hydraulic or electric engine group. In this aspect it is important to have a redundant system that allows for normal operation and which has a backing in case of failure. They should also evaluate the possibility of a double cable in the electric supply or a back up diesel engine.

Line equipment: it is constituted by the cabins and equipment that allow the displacement of the cabins through their trajectory: support pylons, tractor cable, safety line, anti-derailing control and tension hydraulic equipment at the return station.

Control and safety equipment: Each station has a PLC equipped control room that controls the operation of the cable-car and verifies the main system variables, such as breaking, motor temperature, cabin weighing, door

TALENTO AL SERVICIO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

LA OTRA DIMENSIÓN: EL PROYECTO DE DESARROLLO Y MEJORAMIENTO SOCIAL

Uno de los grandes atributos que se destacan en la construcción de los cables urbanos es el que corresponde a la gestión social, en la cual se aprovecha la intervención física que realiza el sistema de transporte para generar un impacto positivo en la convivencia ciudadana y el desarrollo urbano.

· La "Ingeniería" Social. Durante la fase de estudio y la construcción del sistema, el Grupo Social del Metro realizó un trabajo comunitario que se convirtió en modelo de desarrollo social para futuras intervenciones del Estado en zonas con problemáticas complejas. Toda la gestión estuvo basada en el reconocimiento de la población como protagonista del cambio, estimulando los valores individuales por medio de la participación comunitaria, en acciones enmarcadas dentro de la lúdica, la educación y la formación pedagógica de usuarios.

Debe destacarse el diseño de una metodología de avalúos para los predios que se adquirieron, que incluyeron factores de compensación social, priorizando el factor humano en el marco del derecho público. Con algunos ajustes, esta metodología se utiliza actualmente en los proyectos que ejecuta la Alcaldía de Medellín.

Finalmente, la generación de empleo con el proyecto permitió la dinamización de la zona y la activación del comercio en los barrios circundantes.

• El desarrollo urbanístico. Las obras civiles de implantación del sistema de cable permitieron la generación de espacios de convivencia alrededor de las estaciones y pilonas de sostenimiento, con el programa de urbanismo que desarrolló el Metro en el sector, el cual fue potenciado posteriormente por la ciudad con el



opening, wind speed, power boards, cabin garage, and so on. Sensors and the safety equipment of the system are controlled from those boards.

The other dimension: project development and social betterment One of the outstanding attributes that stand out in the construction of the urban cable-car is the one that concerns to social management. Here, the physical intervention this system of transportation generates a positive impact on community living and urban development.

Social engineering: During the study stage and the construction of the system, the Metro Social Group did community work that became a model of social development for future state projects in zones with complex social unrest. The whole project was based on the message sent to the area inhabitants that they are the protagonists of their destiny, while at the same time stimulating individual values through community participation in actions framed in ludic, educational activities and the pedagogical training of users.

The design of a methodology for the appraisal of the purchased plots of land must be highlighted. It included factors of social compensation, prioritizing the human element within the frame of the law. With some adjustments, his methodology is currently being used on other projects under the leadership of the Medellin mayor's office.

Finally, the generation of new jobs in this project led to the rebirth of the zone and to business reactivation in adjacent barrios.

Urban development: The construction of works for the benefit of the community as part of the cable-car project improved community living around the stations and support pylons. This was later done in other parts of the city under the guidance of the City Mayor's Office with

desarrollo por parte de la Alcaldía del Plan Urbanístico Integral (PUI), concepto de mejoramiento integral barrial con el cual se construyeron nuevos espacios verdes, amoblamiento e infraestructura educativa e institucional.

Conclusión

Con la operación del Metrocable de la ciudad de Medellín, durante tres años se ha demostrado que el uso de este tipo de sistemas, como opción de transporte masivo urbano de pasajeros en zona de montaña, es técnicamente viable y tiene grandes ventajas comparativas frente a otras tecnologías aplicables y, adicionalmente, se constituye en una alternativa para generar desarrollo social y compromiso ciudadano en zonas con dificultades de acceso y problemáticas sociales, como normalmente sucede en los asentamientos urbanos de laderas de las principales ciudades latinoamericanas.

Bibliografía

Doppelmayr, Arthur. Conceptual inputs for optimizing the functional efficiency of circulating monocable ropeways, 1996.

Metro de Medellín Ltda., Dirección de Planeación. Evaluación técnica del sistema de transporte para el corredor de la calle 107 en Medellín, Colombia, 2001.

AUTOR

LUIS PÉREZ CARRILLO

Ingeniero mecánico (1989), especialista en Finanzas, preparación y evaluación de proyectos, con estudios en gestión ambiental y en gestión de proyectos de cooperación internacional al desarrollo.

Ha participado en programas de capacitación en la tecnología de cables en Colombia y Europa, y en ferias y congresos internacionales de la Organización Mundial de Cables - OITAF.

Ingeniero de Planeación del Metro de Medellín Ltda. desde 1995 y desde el año 2000 se desempeña como director de los Proyectos Metrocable.

Coordinador de los estudios y asesorías que realiza el Metro de Medellín Ltda. a diferentes ciudades de Colombia y del exterior, interesadas en la tecnología de cable. its Integral Urban Plan (PUI). This plan focused on the improvement of living conditions in the barrios, the construction of new green spaces and completely furnished institutional and educational infra-structures.

Conclusion

After three years of continuous operation, the Medellin Metrocable has proven that, as an optional mass transit system up mountainous paths, it is technically viable and it has great advantages compared to other applicable technologies and, additionally, it becomes an alternative to the spreading of social progress and development, and a commitment to the citizenry who live in hard to access areas plagued with social unrest, as it usually happens in the typical Latin American dwellings located up mountain slopes.

Author

Luis Perez Carrillo, mechanical engineer (1989), specialized in finances, preparation and assessment of projects. He has done studies in environmental management and projects of development through international cooperation. He has participated in cable-car technology training programs in Colombia and Europe, at fairs and at international symposiums of the World Cable-car Organization -OITAF. He has been an engineer of the Medellin Metro Planning Office since 1995 and has been Director of Metrocable Projects since 2000. He is coordinator of studies and advisory the Medellin Metro does in different cities interested in the cable-car technology in Colombia and abroad.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CABLE AÉREO EN EL METRO DE MEDELLÍN LTDA.

Ricardo Cano Domínguez, Ingeniero Electricista Jefe Área Operación de Cables, Metro de Medellín Ltda.

GENERALIDADES

El sistema Metrocable está ubicado en la zona nororiental de Medellín, perfilado sobre el eje y los alrededores de la calle 107 que atraviesa diferentes barrios de esta amplia y densa zona.

Es un transporte de mediana capacidad, rápido y seguro, que no contamina porque trabaja con energía eléctrica lo que lo caracteriza como una tecnología limpia. El sistema se integra con el Metro en la estación Acevedo.

Su corredor aéreo comprende desde la estación Acevedo del Metro hasta la estación de retorno en Santo Domingo Savio, con dos estaciones intermedias: la estación Andalucía en el barrio Andalucía y sus inmediaciones con el barrio Villa del Socorro y la estación Popular ubicada el barrio Popular 1 y su inmediaciones con el barrio Granizal.

ASPECTOS TÉCNICOS

CARACTERÍSTICAS	DETALLE
Tipo de sistema	Monocable desenganchable
Longitud del trazado	2.070 m
Pendiente promedio de la línea	20%
Pendiente máxima	49%
Velocidad de línea	hasta 5 m/s
Número de pilonas	20
Altura máxima de pilona	33 m

OPERATION AND MAINTENANCE OF THE CABLE-CAR SYSTEM ADJOINED TO THE MEDELLIN METRO

Generalities

The Metrocable system located along the northeastern area of Medellin, profiled along and in the surroundings of calle 107, which crisscrosses various barrios of this large and densely populated area.

It has medium size capacity, it is fast and safe and pollution free since it runs on electricity. The system integrates to the Medellin Metro at Acevedo station (ACE).

Its aerial corridor runs from Acevedo station up to the return station in Santo Domingo Savio (DOM) with two stations in between: Andalucía station (AND) around the residential area known as Villa del Socorro and Popular station (POP), located in barrio Popular 1 with its adjacent barrio Granizal.

Technical Aspects

recillical Aspects	
CHARACTERISTICS	DETAILS
Type of system	Detachable
	mono-cable
Length of line	2,070m
Average line slope	20%
Maximum slope	49%
Speed	Up to 5 m/sec
Number of Pylons	20
Pylon's maximum	
height	33
Pylon's minimum	
height	10.5
Power	Electric
	(0 emission)
Motors output	920Kw
Diameter of cable	51mm compact
Installed capacity	
(passengers/hr)	3,000
Estimated demand	
first year (pass/day)	25,000
Cableway width	5.7m

CARACTERÍSTICAS	DETALLE
Altura mínima de pilona	10,5 m
Energía	Eléctrica (0 emisiones)
Potencia de los motores	920 Kw
Diámetro del cable	51 mm alma compacta
Capacidad instalada (pas./hora)	3.000
Demanda estimada primer año (pas./día)	25.000
Ancho de vía	5,7 m
Número de estaciones	4
Número de cabinas	93
Distancia entre cabinas con 90 cabinas	60 m
Frecuencia	12 seg (a 5 m)

OPERACIÓN

Para la operación del Metrocable se cuenta con 93 cabinas desenganchables con capacidad para 10 pasajeros, dotadas en su interior con dos botones que permiten la comunicación de los usuarios con el operador de cable. La operación comercial está planificada para prestarse con 75, 80, 85 y 90 cabinas. La velocidad máxima es de 5 m/s y un tiempo de recorrido de 19 minutos para la vuelta completa.

La estación motriz está ubicada en la estación Acevedo del sistema Metro donde se encuentran el garaje, el Puesto de Mando del Cable y la infraestructura para tracción eléctrica y de socorro.

La estación Santo Domingo Savio, ubicada al final del trayecto del cable, es la destinada para el regreso de las cabinas, también llamada estación retorno.



Number of stations 4
Number of cabins 93
Distance between
cabins with 90 cabins 60m
Frequency 12 sec (at 5m)

Operation

For its operation, Metrocable has 93 detachable cabins with room for 10 people each. Inside there are two buttons the passengers can press to get in contact with the cable operators. Commercial operation has been programmed to operate with 75, 80, 85, and 90 cabins. The maximum speed is 5 m/sec and time allotted for a round trip is 19 minutes.

The engine station (ACE K) is located at Acevedo station (ACE). There we also find the parking garage, the cable's control headquarters (PMK) and the emergency and electric traction infra-structure.

The Santo Domingo Savio station (DOM) is at the end of the cable journey. It is the place where the cables start their return trip; in fact it is called the return trip station.

The intermediate stations, Andalucia (AND) and Popular (POP) are located between the engine station (ACEK) and the return station (DOM).

The Metrocable operations are supervised from the Central Control Office (PCC) by the Operations Supervisor (SOP) and controlled from the Cable-car Command Center (PMK) by the Cable-car Operator (OPK) through the control board and communications equipment. It also has three control panels from which the performance of operations at each station by the Station Operators (OES) is surveyed.

Talento al servicio del desarrollo tecnológico

Las estaciones intermedias Andalucía y Popular están ubicadas entre la estación motriz y la estación retorno.

La operación del Metrocable es supervisada desde el Puesto Central de Control, por el Supervisor de Operaciones, y controlada desde el Puesto de Mando del Cable, por el Operador de Cable, mediante los tableros de control y equipos de comunicación. También se cuenta con paneles de control desde los que se supervisa y controla la ejecución de la operación en cada estación por los Operadores de Estación.

El horario de operación del Metrocable es:

4.30 h hasta las 23.00 h Lunes a sábado Domingos y festivos 9.00 h hasta las 22.00 h

MANTENIMIENTO

El Metrocable es un sistema de transporte aéreo tipo cable que requiere una conservación óptima de sus estándares mecánicos, eléctricos y electrónicos, los cuales se logran a través de un efectivo mantenimiento de cada uno de sus componentes.

El sistema debe estar sujeto a rutinas diarias de mantenimiento preventivo y predictivo. Estos tienen como objetivo primordial asegurar la vida útil de los equipos y su adecuada operación, así como prevenir el fallo de los diferentes componentes debido al desgaste que se produce en su funcionamiento, evitando así que se presenten fallas inesperadas que puedan ocasionar perturbaciones y afectaciones a la operación comercial.

Los mantenimientos preventivos y predictivos se realizan a intervalos de tiempos regulares y basados en el estado del arte de la ingeniería, los manuales de mantenimiento y especialmente en las recomendaciones del fabricante.

A continuación se detallan las rutinas de mantenimiento establecidas para el buen funcionamiento del Metrocable.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Estas actividades se realizan permanentemente, es decir, son rutinas del día a día.

- · Inspecciones generales
- · Inspección de torres o pilonas.
- · Reglaje de cotas de la alineación del cable respecto de las esta-
- Mantenimiento del sistema cinemática en estaciones.
- Inspección y mantenimiento de cabinas: pinza, puertas, estruc-

Metrocable's schedule of operations is as follows: Monday to saturday:

4:30 hr until 23:00 hr Sunday and Holidays: 9:00 hr until 22:00 hr.

Maintenance

Metrocable is a transit system of the aerial type that requires optimal preservation of the mechanical, electric and electronic standards of its equipments. This is achieved through a most effective maintenance of each one of the components.

The system must be subjected to daily maintenance preventive and predictive routines. The routines have as the primordial objective to ensure the long life of the equipments and their adequate operation, as well as to prevent the failure of the different components due to the wearing that results from their functioning, thus preventing unexpected break downs that may affect the normal business operation.

Preventive and predictive maintenance is carried out at regular intervals. It is based on state of the art engineering, the maintenance manuals and, especially, the manufacturer's recommendations.

Preventive Maintenance

These activities take place permanently, in other words, they are everyday routines.

General inspections

Inspections of towers or pylons. High point adjustment of cable alignment with respect to the

Maintenance of kinematic system at stations.

Inspection and maintenance of cabins.

forceps, doors, structure, bearings and wheel change.

Inspection of safety systems.

tura, cambio de ruedas y rodamientos.

- · Inspección de sistemas de seguridad.
- · Lubricación de balancines de torres.
- Termografía de grupo motor y armarios de mando.
- · Pruebas de aislamiento de motores de tracción.
- · Inspección del cable portador-tractor.
- Inspección del grupo de tensión hidráulica.
- · Análisis de avisos y alarmas del sistema de control.

MANTENIMIENTO TELECABINAS

- Mantenimiento de batientes de puertas.
- Mantenimiento de suspensión y corrector de equilibrio.
- Cambio sistemático de elementos de la pinza: ejes, bujes, pines, ruedas.
- · Cambio de ruedas para el paso por las estaciones.

MANTENIMIENTO PILONAS

- Cambio de bandajes de caucho a las poleas de balancín.
- Inspección de la estructura de los balancines y las pilonas.
- Control de la alineación del cable respecto del centro de la polea.
- · Control del torque de los diferentes elementos de fijación.

MANTENIMIENTO ANUAL VI

Se debe realizar cada año y comprende las siguientes actividades:

- Pruebas de carga
- · Pruebas eléctricas
- Inspección general de la instalación
- · Magnetografía
- · Control pinzas

MANTENIMIENTO MAYOR V3

Se debe realizar cada tres años y comprende las siguientes actividades:

- · Mantenimiento de motores de tracción.
- Cambio de rodamientos de volantes principales.
- Cambio de reductor principal.
- · Cambio de ejes de poleas de tracción en estaciones.
- Cambio de balancines de pilonas.

A través de la investigación, el desarrollo de productos y la sustitución de importaciones, las rutinas de operación y mantenimiento del cable han mejorado continuamente desde el inicio de la operación.

El equipo de trabajo integrado por los ingenieros de las diferentes áreas de la Empresa ha desarrollado mejoras en el sistema que hoy son reconocidas por las empresas internacionales amigas que nos visitan. Entre las mejoras podemos destacar:

Lubrication of tower balance beams. Thermography of engine group and control cabinets.

Traction engine isolation trials. Inspection of traction bearer cable. Inspection of hydraulic tension group.

Analysis of control system warnings and alarms.

Cabin maintenance

Maintenance of door jambs.

Maintenance of suspension and balance corrector.

Systematic change of forceps elements: axles, axle boxes, pins, wheels.

Change of wheels for station transit.

Pylon maintenance

Change of rubber bands on balance beam pulleys.
Inspection to pylons and balance beams structure.
Control over cable alignment with respect to pulley center.
Torque control to the different attachment elements.

Annual V1 Maintenance

It must be done every year and consists of the following activities:

Charge trials.
Electric trials.
General inspection of installations.
Magnetography.
Forceps control.

Major V3 maintenance

It must take place every three years and it consists of the following activities:

Maintenance of traction engines.
Change of bearings to main flywheels.
Change of main reducer.
Change of traction pulley axles at stations.
Chance of pylon balance beams.

Through research, product development and import replacement, the maintenance and operational routines of

TALENTO AL SERVICIO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

- Software para visualización de cabinas desde el Puesto de Mando del Cable.
- · Simulador para prácticas de operación del cable.
- Diseño, fabricación, pruebas y puesta en servicio del un sistema alterno de carga de baterías de las cabinas en las estaciones.
- · Plataforma móvil para mantenimiento de cabinas en garaje.
- Diferencial eléctrica para izada/bajada de equipos desde la plataforma de pasajeros.
- Plataformas en estaciones intermedias para el mantenimiento de poleas.
- Proceso en ejecución para la homologación de elementos varios (ejes, guarniciones, piñones, etc.) con el fin de reducir al máximo la importación de partes.
- Pórtico para traslado de reductores y motores desde Acevedo hasta los talleres de Bello.
- Modificación e instalación de válvulas en la red para los accionamientos de los motores hidráulicos, reduciendo con esto notoriamente el tiempo de respuesta al operar con el sistema de socorro.
- Montaje de rejillas en el piso de la plataforma electromecánica en Acevedo, para mantenimiento de la volante y el reductor principal.
- Instalación de barandas en el ingreso a las plataformas electromecánicas en Acevedo y Santo Domingo.
- Fabricación de soportes para las botoneras en plataformas de usuarios.



the cable have steadily improved since the start of operations.

The work team, integrated by engineers from various Company departments has done a lot of improvements to the system. Those improvements have been widely acknowledged by friendly international companies that have visited us.

Among those improvements we want to outline the following:

Software for cabin visualization from Cable Control Center. Simulator for practice of cable

operations.
Design, construction, tests and running an alternate battery

charging system for the cabins at the stations. Mobile platform for the maintenance work of cabins in the

garage. Electric differential for the raising and lowering of equipments from

the passengers' platform. Platforms at intermediate stations for pulley maintenance.

Process under way for the homologation of several elements (axles, garnitures, pinions, and so on) with the purpose of reducing the import of parts to the least. Portico to move motors and reducers from Acevedo to the machine shops in Bello.

Modification and installation of valves in the net for the starting of hydraulic motors, thus notoriously reducing the response time by operating with the emergency system.

Mounting gratings on the floor of the electro-mechanic platform in ACEK to do main reducer and flywheel maintenance.

Installation of verandas for entrance

to the electro-mechanic platforms in ACEK and DOM.

Manufacturing of button supports on users platform.

Installation of emergency lighting on the ceiling of electro-mechanic

- Instalación de luminarias de emergencia en el techo de la cubierta de la plataforma electromecánica y parte inferior de la polea principal.
- Optimización de la línea de retorno en el circuito de las líneas de seguridad.
- · Brida para sujeción provisional de chumaceras en estaciones.
- Mejoras en las estrategias operacionales.

Igualmente se han homologado elementos del sistema que han permitido la participación de la industria nacional en el suministro de componentes, desarrollando un mejor portafolio de proveedores para el Metro.

Entre otros elementos podemos citar:

- · Acople para motor principal
- · Anillo bridado 165 acople motor
- · Bloque amortiguador cabina
- · Eje abocado para pinza
- Eje de rótula pinza
- · Rueda equilibrio pinza cabina
- · Rueda para apertura pinza
- · Patín traviesa plástica para pinza
- · Rueda circulación para pinza cabina
- Guarnición de 550

platform and lower part of main pulley.

Optimization of return line in the safety lines circuit.

Bridle for holding shaft bearings temporarily.

Improvements on operational strategies.

Likewise, the homologation of system elements have led to the participation of national industries in the supplying of components, thus developing a better portfolio of suppliers for the Metro.

Among other elements we can name the following:

Coupling K line of main engine. 165 bridled ring coupling for line K engine.

Shock absorbing block for Metrocable cabin.

Punched axle for forceps.

Swivel axle MC forceps.

Balance wheel MC cabin forceps. Aperture wheel Metrocable forceps.

Oblique plastic skate for Metrocable forceps.

Circulation wheel for Metrocable cabin forceps.

Metrocable 550 garniture.



Talento al servicio del desarrollo tecnológico

LOS SISTEMAS DE RECAUDO EN LOS MEDIOS MASIVOS DE TRANSPORTE Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL METRO

Carlos Ortiz Espinosa, Valerio Quintero Arboleda, profesionales de la Dirección de Planeación Metro de Medellín Ltda.

RESUMEN

Un proceso estructurado permite tener al Metro de Medellín Ltda. un sistema de recaudo ejemplar para Latinoamérica y comparable con muy pocos en el mundo. El proyecto de recaudo Cívica partió de una idea de modernización, pero a través de la investigación del estado del arte de las tecnologías de recaudo, de los proveedores, de la modelación y el análisis financiero, el Metro logró definir como la tecnología de tarjetas sin contacto, la cual diseñó, desarrolló e implementó con excelentes resultados y con futuras aplicaciones en integración tarifaria de rutas de transporte, en control de acceso y en otros negocios comerciales por su estructura tipo monedero y dadas las características de seguridad y capacidad de información de la tarjeta inteligente como eje, pero soportada por aplicaciones basadas en Internet que permiten a los administradores y operadores y hasta a los usuarios tener acceso a la información de interés.

PALABRAS CLAVE

Cívica, diseño, edmonson, estándar ISO 14443, fase de implementación, integración de transporte, monedero electrónico, planificación, personalización, pecaudo, sistema de peajes, tarjetas sin contacto, transporte público, variables del entorno, variables internas.

INTRODUCCIÓN

La planeación, desarrollo e implementación de un nuevo sistema de recaudo para el Metro se lleva a cabo mediante el proyecto denominado Cívica, nombre elegido en un concurso con los usuarios del sistema de transporte, que representa los valores y la cultura que la Empresa ha difundido entre los usuarios y que además permitirá ser una tarjeta ciudadana con múltiples aplicaciones.

MONEY COLLECTION SYSTEMS IN THE MEDELLIN MASS TRANSIT SYSTEMS AND THEIR IMPLEMENTATION IN THE MEDELLIN METRO

Summary

A well structured process allows the Medellin Metro to have a revenue system that is unique in Latin America, comparable only to a few systems in the world. The Cívica revenue project parted from a modernization idea. Then, through research of state of the art revenue collecting technologies, suppliers, modeling and financial analysis, the Medellin Metro managed to choose the contactless payment card technology it designed, developed and implemented with excellent results. It will have future applications in transportation route fare integration, access control and other related businesses due to its pocketbooklike shape, its safety characteristics and information storage capacity as an intelligent card. It is supported by Internet based applications which allow to access convenient information to managers, operators and users.

Key Words

Cívica, Design, Edmonson, ISO 14443 Standards, Implementation Phase, Transportation Integration, Electronic Pocketbook, Planning, Personalization, Money Collecting System, Toll System, Contactless Payment Card, Public Transportation, Surrounding Variables, Internal Variables.

Introduction

The planning, development and implementation of a new money collecting or revenue system for the Medellin Metro was carried out through the so called Cívica Project. This name was chosen in a contest the Metro users took part in. The word Cívica represents the values and culture the Company has advertised among its users.



El proyecto de recaudo Cívica se inició en el año 2000 cuando la Empresa estaba en búsqueda de alternativas de centralización y optimización del sistema de peajes. De estas conversaciones se estructuró un proyecto con objeto de modernizar el sistema de recaudo que incluso permitiera la integración con el transporte público colectivo. De allí nació la idea no sólo de modernizar el sistema, sino de buscar alternativas con una tecnología mejor que lograra, además de la integración del transporte, ofrecer agilidad, seguridad y comodidad a los usuarios y así mismo a los procesos y procedimientos internos del recaudo, para obtener información en línea y garantizar una toma de decisiones más concreta.

EL SISTEMA DE RECAUDO DEL METRO DE MEDELLÍN LTDA.

Los sistemas de recaudo pueden ser tan sencillos o complicados como los impulsores, los investigadores, consultores de la tecnología, y sus aplicaciones los definan, pero es evidente que el sistema debe adecuarse a cada entorno y en el caso específico, para la implementación de un sistema de transporte masivo, es necesario examinar variables tanto dentro como fuera de la organización, lo cual definirá el alcance final.

Respecto de variables del entorno se destacan las siguientes:

- El tamaño de la ciudad o región donde se encuentre el sistema de transporte.
- La posición frente a las nuevas tecnologías por las administraciones públicas.
- La posición de las entidades masificadoras de tarjetas, como son, en su orden de capacidad, los sistemas de transporte, las alcaldías o entidades del orden territorial, y los emisores de tarjetas bancarias.

This card will gradually change into a multiple-use-civic card.

The Cívica revenue project started in the year 2,000, when the Company was in the search of centralization alternatives and optimization of the toll system. Out of these talks the project was structured out. The idea was to modernize the money collection system which would also allow for integration with the carpool public transportation system. Hence the idea to modernize not only the system, but also to look for alternatives with a better technology which would lead to integration with other transportation systems, fast service, safety and comfort to users. It should also make easier the internal procedures for revenue collection, the obtainment of on-line information and also guarantee concrete decision making.

The Medellin Metro revenue system

Revenue collecting can be as plain or complicated as developers, researchers, technology advisors and their applications allow for it. However, it is evident that the system must adequate to each surroundings and, in the specific case for the implementation of mass transit systems, it must test all variables, not only in, but also out of the organization, which will define the final coverage.

The following are outstanding surroundings variables:

The size of the city or area where the transportation system is found.

The public administrations' position vis-à-vis new technologies

The position of card mass-production entities in their order of capacity: mass transit systems, municipalities (mayors' offices) or territorial type of entities, and the issuers of bank cards. The public transportation model.

Transportation participation distribution and the importance of

TALENTO AL SERVICIO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

- 4. El modelo de transporte público.
- 5. La distribución de la participación de transporte y el peso en ella del interesado en unificar un sistema de recaudo que permita la integración tarifaria.
- 6. El nivel de aceptación del público (porcentaje de bancarización y uso de teléfonos celulares prepago).

En relación con la organización se destacan las siguientes variables:

- 1. Revisión de los procesos internos de la organización.
- 2. Capacidad de investigar, desarrollar e innovar.
- 3. Análisis de costos del sistema actual.
- 4. Modelo y volumen de la información que se va a procesar.
- 5. Modelo y recursos de todas las alternativas de sistemas de recaudo que puedan ser adecuadas a la organización.
- 6. Definición de fases de implementación y publicidad de la migración del sistema.
- 7. Modelación y análisis financiero de las variables.

El recaudo dentro de un sistema de transporte masivo como el Metro es un sistema vital para garantizar a los clientes externos, la comunidad y en general a la región un servicio integral, rápido y seguro para el acceso al transporte y aplicaciones complementarias, y a los clientes internos, procesos coherentes con adecuada información para la toma de decisiones.

Para que el Metro de Medellín Ltda. lograra la visión anterior era necesaria la migración del sistema de recaudo basado en tiquetes con banda magnética tipo Edmonson, a otra tecnología que permitiera facilidad en la operación, información confiable y un mantenimiento menor con respecto al sistema en operación. Para ello, el



those interested in standardizing a revenue system that allows for fare integration in it.

Public level of acceptance (percentage of banking and use of prepaid system of cell phones).

The following variables are highlighted in relation to the organization:

> Revision on organizational internal processes.

Capacity to investigate, develop and innovate.

Analysis of costs of current system.

Model and volume of information to be processed.

Model and resources of all alternatives to revenue systems that may be fit to the organization

Definition of implementation phases and publicity of system migration.

Modeling and financial analysis of variables.

Collecting revenue within a mass transit system such as the Medellin Metro is vital to guarantee foreign clients, the community and the region, in general, a fast, integral and safe service to transportation and supplementary applications, and to the internal clients coherent processes with adequate information aiming at decision making.

For the Medellin Metro to attain the above vision it was necessary to change the revenue system based on the Edmonson magnetic band type to another technology which would make it easier to operate, allow for reliable information and cheaper maintenance vis-à-vis the current system of operation.

Metro realizó una intensa investigación en las tecnologías de medios de pago en metros en el ámbito mundial, a través de la Asociación Latinoamericana de Metros y Subterráneos –Alamys– y Newsgroups especializados en transporte. La Empresa investigó a fondo las experiencias de los metros de Madrid, París, Lisboa, Porto, São Paulo, Río de Janeiro, Sistema de Transporte de Curitiba, Santiago de Chile, Buenos Aires, México D.F., Lyon, Estado de León (México), Niza (Francia) y algunos de los más representativos sistemas de transporte asiáticos, encabezados por Hong Kong con Octopus y Singapur.

Por otra parte, la Empresa sustentó la necesidad de un cambio de tecnología, soportado en investigación de los nuevos sistemas de medios de pago y las posibilidades técnicas que tenían los productos para resolver necesidades en transporte, sin olvidar un juicioso análisis financiero. Se exploraron fabricantes e implementadores que estaban surgiendo en el mercado como Ascom, NEC, ARG, Philips, Schlumberger, Gemplus, ACG, G&D, y algunas iniciativas nacionales, entre otros.

En síntesis, por medio del estudio del estado del arte y con base en estudios de mercado, en análisis de los procesos internos y finalmente en análisis financieros comparativos entre el nuevo sistema y el actual, la Empresa tomó la decisión de la migración de la tecnología, partiendo de un diseño y luego de la implementación, y que reflejara las necesidades propias del Metro con una visión de región en temas de transporte público, donde la integración es el fundamento, pero con opción en el futuro de un desarrollo comercial de las aplicaciones de la tecnología de tarjetas sin contacto.

La decisión final de la utilización de tecnología de tarjetas sin contacto, ISO 14443, obedeció simplemente a que por sus características permite un menor costo de mantenimiento, escalabilidad para otros sistemas y negocios asociados, uniformidad de los equipos, seguridad y capacidad de información.

En la fase de implementación es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Realización de pruebas piloto con usuarios objetivo que permitan medir el alcance e identificar oportunidades de mejoramiento para fases posteriores.
- 2. Definición de fases y de usuarios objetivos.
- La información oportuna a los usuarios que refleje los momentos del cambio de tecnología y resalte los beneficios de la nueva frente a la anterior.
- 4. Sistema y tecnología robusta que permita minimizar impactos frente a posibles fallos del sistema.

With that in mind, the Metro did a very thorough research on the technologies of means of payment in metro systems all over the world through ALAMYS -the Latin American Metro and Subway Association- and Newsgroups, both specialized in transportation.

The Company did an in-depth investigation of the experiences obtained in the metro systems of other main cities such as Madrid, Paris, Lisbon, Porto, Sao Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba Transit System, Santiago de Chile, Buenos Aires, Mexico City, Lyon, the Mexican state of Leon, Nice (France), and some of the most representative transportation systems in Asia headed by Hong Kong with Octopus, and Singapore.

On the other hand, the Company foresaw the need for a technology change supported on research done on new revenue systems and the technical options the products had in order to solve transportation needs without setting aside a judicious financial analysis. New manufacturers and suppliers in the market such as Acom, NEC, ARG, Phillips, Schlumberger, Gemplus, ACG, G&D and some national prospects, among others.

In short, by analyzing state of the art studies and based on marketing studies, on the analysis of internal processes and, finally, on comparative financial analyses between the current and the new system, the Company made the decision for technology migration parting from the design and then the implementation, in such a way that it would reflect the Metro's own needs with a regional vision on public transportation topics. Integration is the basis, with a future option of commercially developing the applications of contactless card technologies.

The final decision for the use of ISO 14443 contactless card technology simply followed the fact that it allows for a lower maintenance cost, scalability

TALENTO AL SERVICIO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

- 5. Trazabilidad de los fallos y las mejoras que se han de implementar.
- 6. Equipo de implementación comprometido con resultados y servicio al cliente.

Las principales características del sistema Metro son las siguientes:

- · Facilita la personalización ciento por ciento en registros de información del usuario, en forma escalonada y en períodos razonables de 12 a 18 meses, sin cobro del medio de pago.
- Realiza la aplicación de políticas de tarifa por perfiles, facilitando beneficios económicos a grupos de usuarios.
- Utiliza del estándar ISO 14443 A, centrando la multiplicación en una tarjeta tipo monedero.
- Aplicación de un monedero electrónico unificado a una estructura administrativa y comercial que permite evolucionar el diseño inicial para aumentar las transacciones.
- Promueve la vocación comercial con negocios asociados en las taquillas o puntos de venta y otras aplicaciones como el control de acceso, programas de salud, comercio electrónico.
- Realiza la migración de operaciones manuales a electrónicas donde se hacen ventas con información en línea.
- Servicio al cliente persona a persona con suficientes lugares de
- Procesamiento de todas las transacciones por aplicaciones web, para todos los usuarios y operadores que se asocien, y el desarrollo comercial es por ofrecimiento.

Los resultados de esta implementación han sido magníficos, pues la aceptación del público, de los gremios de transportadores y de otros posibles negocios por fuera del transporte han estado por encima de las expectativas iniciales, y la necesidad de las mejoras durante la

operación son mínimas, comprobándose esto en la continuidad del servicio. Los usuarios han acogido la tarjeta, pues además de los claros beneficios tarifarios, presenta mayor comodidad y agilidad. En los primeros diez meses la Empresa cuenta con 122.000 tarjetas en circulación, un avance significativo de lo presupuestado para el primer año. El proyecto continuará con un crecimiento progresivo en el 2008.



to other systems and associated businesses, equipment standardization, safety and capacity for the storage of information.

In the implementation phase it is important to bear in mind the following aspects:

> The performance of leading trials with objective users that will allow to measure the reaching and to identify opportunities for improvement at later stages.

Definition of phases and objective users.

Prompt information to users announcing the time for the change in technology and underlining the benefits of the newer over the older

Robust technology and system that allows minimizing impacts in the case of system failures.

Facility to track down failures and to implement improvements.

Implementation team committed to results and customer service.

The main characteristics of the Medellin Metro System are the following:

> Facilitates personalization in users' information records one hundred per cent in an orderly way and for reasonable periods of between 12 and 18 months, without charge.

Carries out the application of fare policies per profiles, allowing for economic benefits to groups of users.

Uses ISO 14443A standards centering multiplication on a pocketbook type of card.

The use of a unified electronic pocketbook linked to a business and



En el año 2008 la Empresa espera contar con alianzas comerciales con el gremio transportador que permitan la puesta en circulación de 250.000 tarjetas.

CONCLUSIONES

Cualquier organización que plantee la migración de un sistema de recaudo, tiene que preguntarse sobre el tamaño, su capacidad y utilidad en el tiempo.

El sistema de recaudo del Metro, denominado Cívica, reúne las mejores prácticas en los procesos de emisión, distribución, carga, uso, administración y compensación de la información, soportados en un modelo escalable en inversiones en su tecnología que parte de las tarjetas personalizadas con monedero electrónico y que termina un ciclo con el servicio personalizado a sus usuarios. Este sistema les permitirá a la organización y a la región crecer en la integración tarifaria de transporte y cambiar el modelo utilizado, dejando muchas puertas comerciales abiertas para facilitar la supervivencia en el tiempo.

Su principal cualidad consiste en que es evolutivo a los nuevos estándares de medios de pago como NFC (Near Field Communication) y permite el pago con el teléfono celular, como ejemplo.

Un sistema como este puede ser utilizado también como facilitador de otro tipo de aplicaciones y organizaciones, como las comerciales, de salud y de educación entre otras. Al ser el transporte un elemenadministrative structure that allows for the improvement of the initial design in order to increase transactions.

Promotes business activities with associated shops or businesses next to the ticket boxes or sales spots and other applications such as access control, health programs and electronic sales.

Migrates from manual operations into electronic ones where sales are On-line type.

Person to person service in plenty of spots.

Processes all transactions through the Web for all users and operators that join in. Business development is through offering.

The results of such implementation have been magnificent because acceptance by the general public, transportation groups, and other likely businesses outside the transportation trade have performed over initial expectancies. Also, needs for improvements during operations are minimal, and this can be easily demonstrated by the lending of the service uninterruptedly. Users have welcomed the use of the card because it provides benefits such as lower fares. more comfort and quicker service. In the first six months the company has reached 70,000 cards under circulation. That is 10,000 above the planned goal and a 60 per cent advance over the budgeted figure for the first year. The project will continue with a progressive growth in 2008.

In the year 2008 the Company expects to establish business partnerships with the transportation sector, which will allow the issuing of 250,000 cards.

Conclusions

Any organization that plans the migration from a revenue system has to

Talento al servicio del desarrollo tecnológico

to masificador, los demás sectores pueden apoyarse y beneficiarse en alianzas que permitan atraer usuarios, establecer estrategias comerciales y en general más beneficios para potenciales clientes.

BIBLIOGRAFÍA

FINKENZALLER, Klaus. RFID handbook, second edition, West Susses: Willey, 2003, 427 p. ISBN 0-470-84402-7.

GERDEMAN, J. D. RF/ID Radio Frecuency Identification Aplication 2000, second edition, Cary, Research Triangle Consultants Inc., 1995, 229 p. ISBN 1-883872-01-4. QUINTERO ARBOLEDA, Valerio. "Lector de tarjetas sin contacto", tesis, Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Medellín, 2004.

Internet

UrbanRail.net www.alamys.org www.mifare.net www.nxp.com www.14443.org www.arsenal.ac.at

Revistas

Card Technology, Source Media Publications, sourcemedia.com Eurotransport, Russel Publishing Ltd, eurotransportmagazine.com

AUTORES

CARLOS ORTIZ ESPINOSA

Ingeniero civil, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín, Colombia. Especialización en Gerencia de Proyectos, Universidad Eafit, Medellín, Colombia. M.B.A. Universidad Eafit, Medellín Colombia. Ha trabajado en el Metro de Medellín Ltda. desde 2001, desempeñándose como profesional de la Dirección de Planeación desde el año 2002.

VALERIO QUINTERO ARBOLEDA

Tecnólogo en electrónica, Instituto Pascual Bravo, Medellín, Colombia. Ha trabajado en el Metro de Medellín Ltda. desde 1995, desempeñándose como profesional de la Dirección de Planeación desde el año 2002.

consider the size, capacity and profit making through time.

The Medellin Metro revenue system, known as Cívica, gathers the best practices in the issuing, distribution, charge, use, management and compensation processes, leaning on an escalating model in investments in its technology, which parts from personalized cards with electronic pocketbook and ends a cycle with a personalized service to users.

This system will help the Company and the region to grow in the integration of transportation fares and to change the model used in the region, leaving many open doors in businesses in order to self-perpetuate in time. Its main quality consists in its flexibility to evolve to new standards of means of payment such as NFC (Near Field Communication) and, as an example, it allows for payment through the cell phone.

A system such as this can also be used as a facilitator for other types of applications and organizations such as businesses, health and educational entities among others. Since transportation is a mass element, all other sectors can lean on and benefit in partnerships or merges that can attract users, establish business strategies and, in general, to provide more potential benefits to clients.

Authors

Carlos Ortiz Espinosa, Civil Engineer of Antioquia School of Engineering, Medellin, Colombia. Specialized in Management of Projects, EAFIT University, Medellin, Colombia, M.B.A. EAFIT University, Medellin, Colombia. He has worked for the Medellin Metro since 2001. He is a professional and been with the Planning Office since 2002. Valerio Quintero Arboleda, technologist in Electronics. Instituto Pascual Bravo, Medellin, Colombia. He has been working for the Medellin Metro since 1995.

GESTIÓN SOCIAL 2006

El 86% de los usuarios pertenecen a los estratos 1, 2 y 3. Los usuarios del servicio Metro ahorraron 14'869.527 horas que representaron un valor superior a los \$52.937 millones

Generamos 2.494 empleos

temporales que correspondieron a la ejecución de obras de infraestructura, estudio sobre rutas integradas, acompañamiento social para el nuevo Metrocable, actividades de aseo y ornato, y mantenimiento de instalaciones, entre otras. El 51% de los trabajos de mano de obra no calificada fueron ocupados por residentes de los barrios impactados. Generamos empleo directo a 259 estudiantes universitarios conductores de trenes y reentrenamiento a 141.

1'437.500 dólares fueron invertidos en la instalación de 36 plataformas inclinadas para sillas de ruedas y 245.000 dólares en dos ascensores.

4.000 personas con movilidad reducida fueron capacitados en el uso de las plataformas y ascensores. (En asocio con el Comité Regional de Rehabilitación).

108.000 niños y jóvenes de 80 instituciones educativas fueron formados en la nueva campaña educativa "Cultura Metro". (En asocio con Bancolombia)

48.000 niños de los municipios de Barbosa, Bello, Girardota, Copacabana, Caldas, La Estrella, Sabaneta, Itagüí y Medellín, hicieron parte del programa "Una Aventura por mi Ciudad y Región". (En asocio con Fundación EPM y el Área Metropolitana)

Brindamos información sobre Cultura Metro a 12.000 visitantes de diferentes rincones del Departamento y del País.

A través de nuestro programa "Niños y Niñas Gratis al Estadio" llevamos al estadio **2.800 estudiantes** de diferentes instituciones educativas de la ciudad.

Atendimos en nuestras instalaciones 1.500 niños por medio del programa "El Mundial y el Fútbol en el Museo de Antioquia" (En asocio con la Alcaldía de Medellín y los equipos Atlético Nacional y Deportivo Independiente Medellín.

Formamos en Cultura Metro 670 conductores de las empresas Autobuses El Poblado, Palenque Robledal y Coonatra.

Capacitamos 90 conductores en el programa "Formación de Conductores con Énfasis en Servicio Público". (En asocio con el SENA)

Educamos 15.000 hinchas de fútbol a través de la campaña "El Metro y el Fútbol una sola Pasión" con el propósito de fortalecer las relaciones entre nuestro Metro y los barristas de fútbol, apostándole a la cultura del civismo y la sana convivencia al interior de las estaciones.

534 jóvenes de las escuelas de fútbol del Club Atlético Nacional fueron capacitados en Cultura Metro.

En total, invertimos 1'107.000 dólares en programas y campañas sociales beneficiando a 2' 215.000 personas.

Evitamos la emisión de 768 toneladas de contaminantes gracias a que nuestro Metro usa tecnología eléctrica. 60 toneladas de papel y siete kilómetros de cinta magnética al año, serán el ahorro generado por la nueva tarjeta Cívica al no tener que comprar dichos insumos para su producción.

En todas nuestras acciones para contribuir al mejoramiento del medio ambiente invertimos cerca de 64.000~d'olares.







Gerencia General - Dirección de Comunicaciones Cl 44 No. 46-001, Bello - Antioquia Conmutador 454 88 88 Línea Hola Metro 510 90 30 www.metrodemedellin.gov.co