



Asociación Latinoamericana de  
Metros y Subterráneos

# Tranvía de Ayacucho

Operación, Interrupciones y acciones

# Índice



1. Empresa Metro de Medellín



2. Características trazado línea T



3. Impacto COVID-19 en la operación, afluencia



4. Interrupciones en la vía, Experiencia Operativa



5. Homologación de partes



6. Trabajo colaborativo de I+D+i,  
Universidad de Antioquia y Empresa  
Lubricación de Clase Mundial S.A, para la  
caracterización de fallas y posibles  
soluciones 6



# Metro de Medellín

# Generalidades

# Naturaleza Jurídica

Empresa industrial y  
comercial del Estado



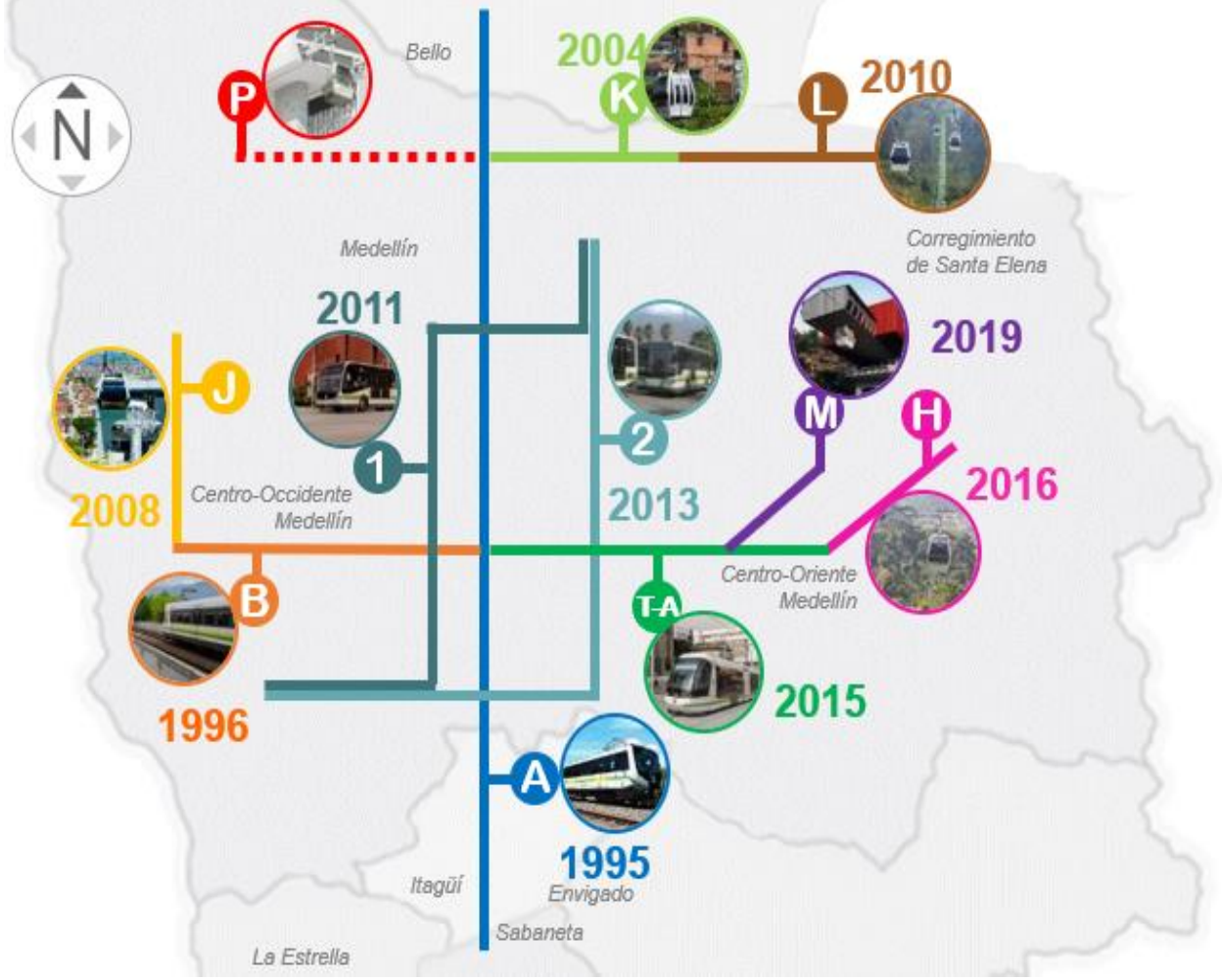
50%

Alcaldía de Medellín

50%


Gobernación de Antioquia





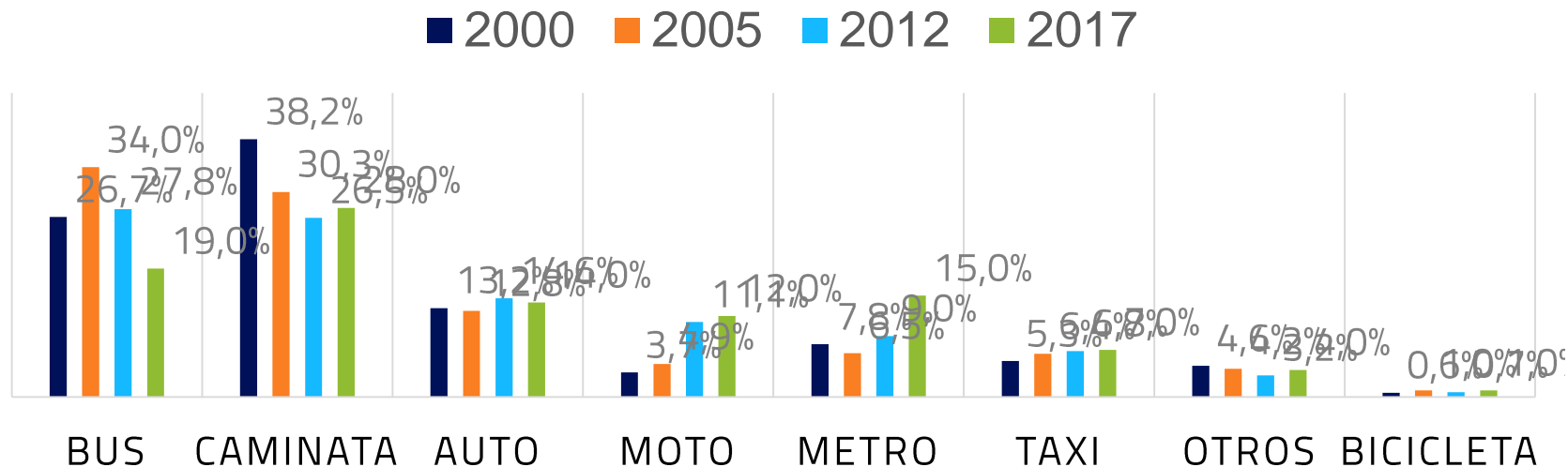


# Líneas, tecnología, capacidad

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>K</b>	<b>J</b>	<b>L</b>	<b>H</b>
					
Férreo	Férreo	Cable aéreo	Cable aéreo	Cable aéreo	Cable aéreo
Vagón <b>300</b> usuarios	Vagón <b>400</b> usuarios	Telecabina <b>10</b> 8 sentados, 2 de pie	Telecabina <b>10</b> 8 sentados, 2 de pie	Telecabina <b>10</b> 8 sentados, 2 de pie	Telecabina <b>10</b> 8 sentados, 2 de pie

<b>M</b>	<b>1</b> BUS	<b>2</b> BUS	<b>T-A</b>	<b>TOTAL</b>
				
Cable aéreo	BRT (Bus rapid transit)	Padrones	Férreo	3 Modos 10 Líneas 3 transportation modes 10 lines
Telecabina <b>10</b> 8 sentados, 2 de pie	Bus articulado <b>154</b> usuarios	Bus padrón <b>90</b> usuarios	Tranvía <b>300</b> usuarios	N/A

# Participación en la movilidad



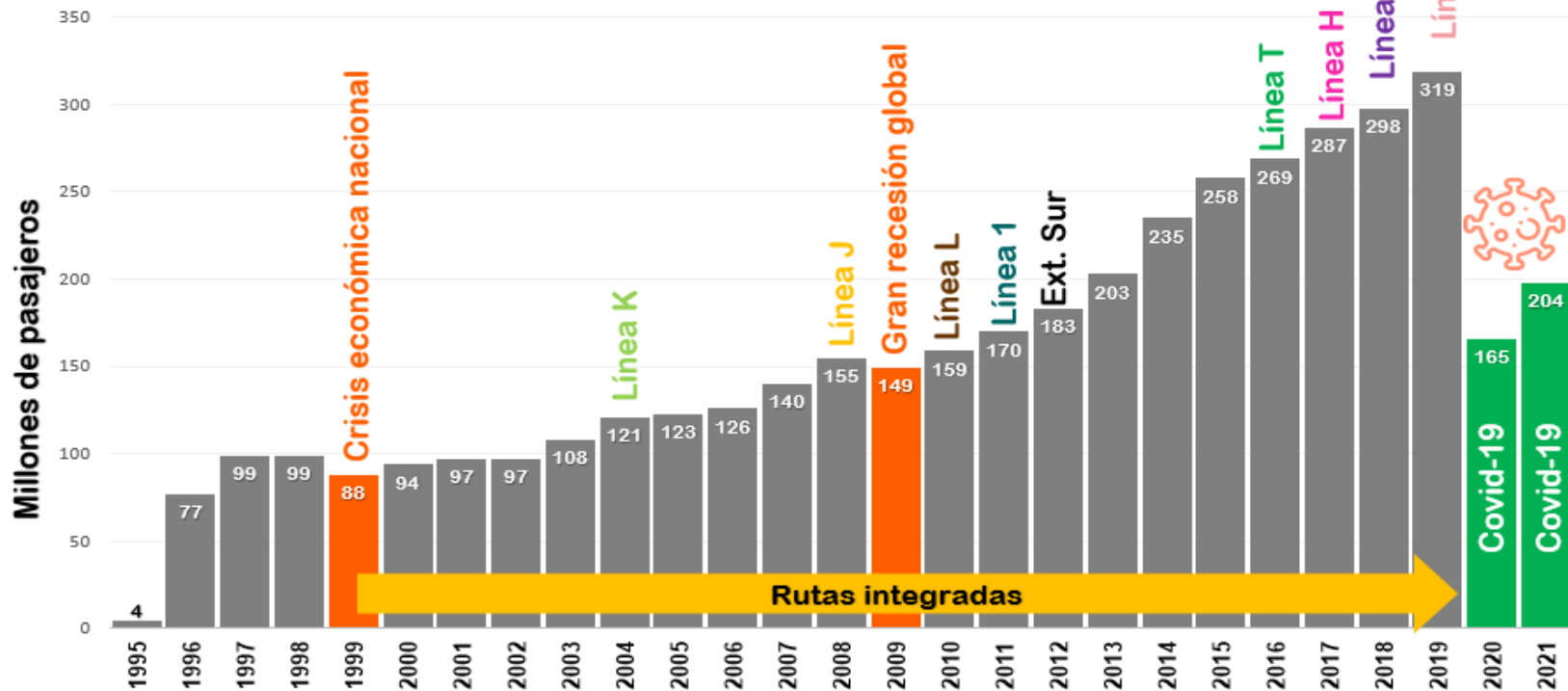
	Validados 2000	Validados 2005	Validados 2012	Validados 2017
Total viajes	3.841.950	4.875.000	5.614.292	6.131.727
Viajes / habitante	1,37	1,56	1,7	1,59

Fuente: Encuesta origen – destino del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

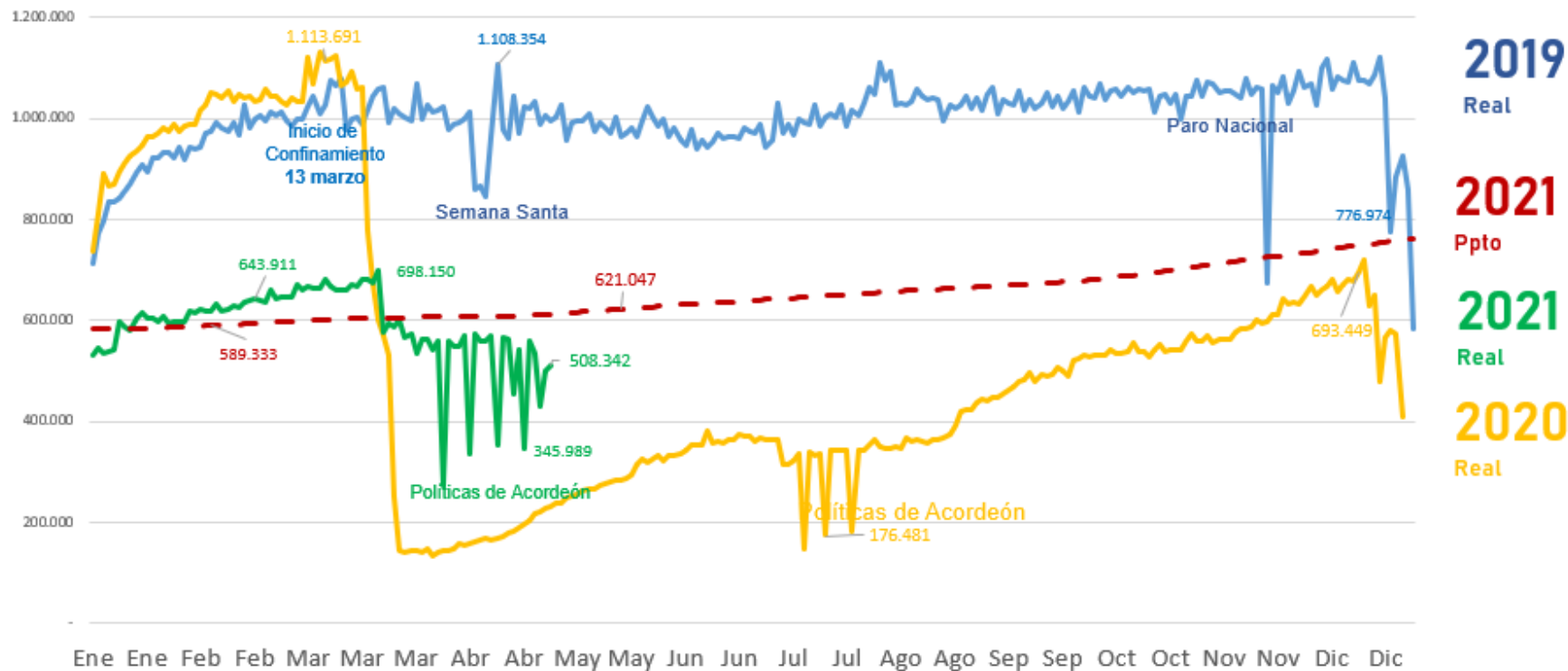


# Millones de pasajeros por año

Alamy | Unidad  
Reuters

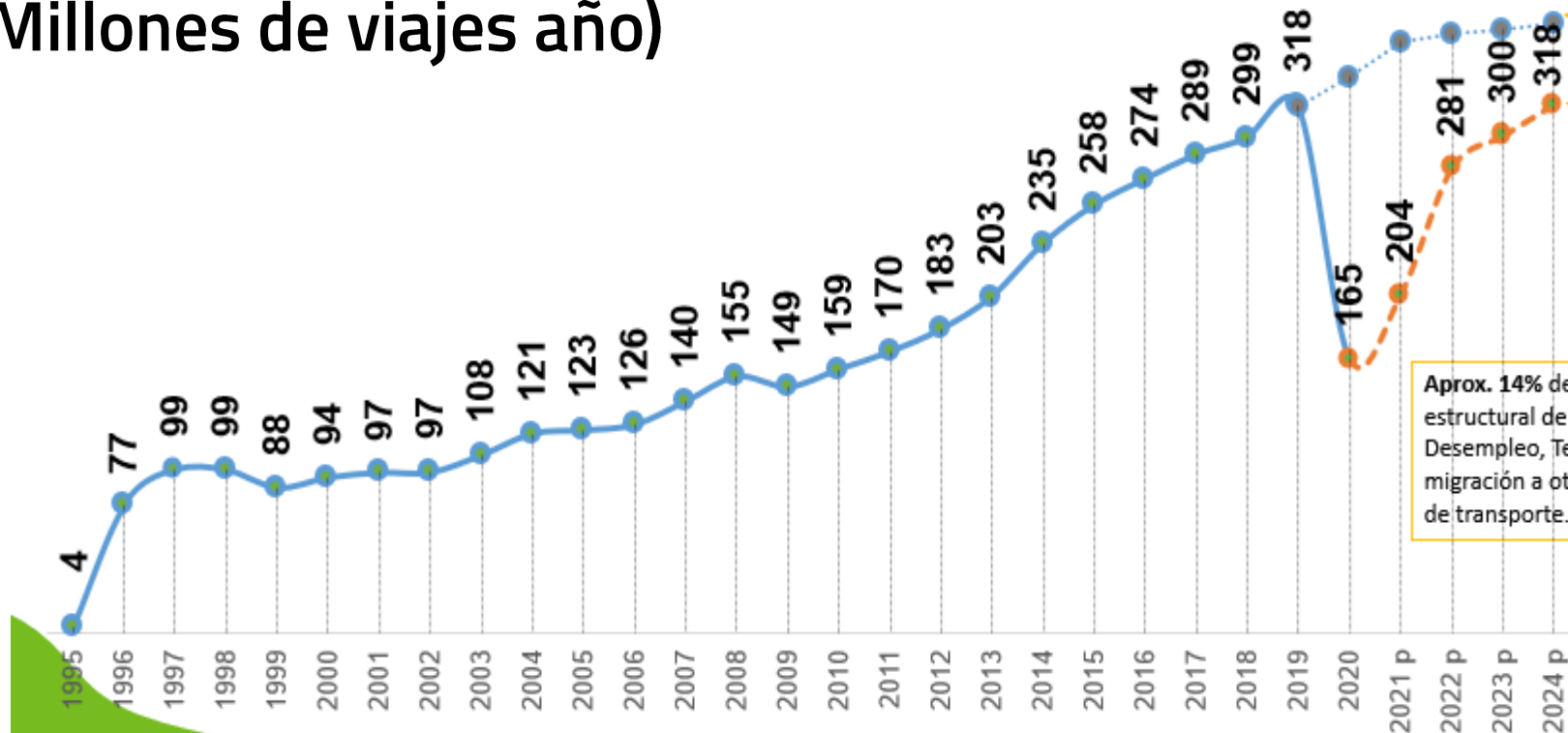


# Comportamiento Viajes SITVA DTL 2019-2020-2021



# Demanda de viajes Histórica y proyectada (Millones de viajes año)

Alamy | Unidad  
Económica



Aprox. 14% de pérdida estructural de pasajeros:  
Desempleo, Teletrabajo,  
migración a otros medios  
de transporte.

# Características trazado línea T

Tranvía de Ayacucho

# Datos claves

Tranvía Ayacucho

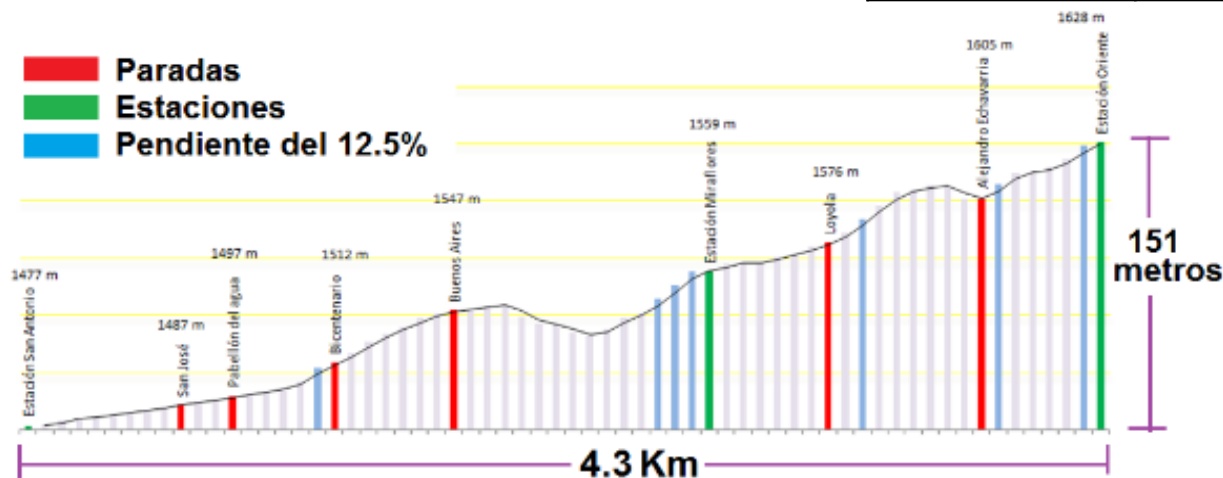
<b>Trazado</b>	<b>A nivel</b>
<b>Longitud</b>	<b>4,3 km + dos cables</b>
<b>Pendiente máxima</b>	<b>12,50%</b>
<b>Longitud Catenaria</b>	<b>10 kms</b>
<b>Cambia vías en Línea</b>	<b>9 y un bretel</b>
<b>Cambia vías en Patio</b>	<b>13</b>
<b>Velocidad de diseño</b>	<b>14,80 kms</b>
<b>Velocidad actual de fine tuning</b>	<b>20 kms</b>
<b>Número de cruces semáforicos</b>	<b>30</b>
<b>Número de enclavamientos</b>	<b>5 (SAT, JOS, MIR, ORI , TYC</b>
<b>Número de vehículos</b>	<b>12</b>
<b>Tipo de vehículos</b>	<b>Marca NTL Modelo STE5</b>
<b>Tecnología</b>	<b>Tranvía de ruedas neumáticas</b>
<b>Frecuencia</b>	<b>4 minutos</b>
<b>Hora pico</b>	<b>8 minutos</b>
<b>Estaciones - Paradas</b>	<b>3 estaciones y 6 paradas</b>

<b>Valor del proyecto:</b>	<b>\$ 677.522.288.004</b>
<b>Financiamiento del Proyecto</b>	<b>Alcaldía de Medellín</b>
<b>Gerente del proyecto</b>	<b>Metro de Medellín Ltda.</b>
<b>Contratos proyecto</b>	<b>23 contratos</b>
<b>Población beneficiada</b>	<b>360 mil habitantes de la zona centro oriental de Medellín</b>
<b>Costo del material rodante valor en Euros</b>	<b>€ 42.344.000</b>





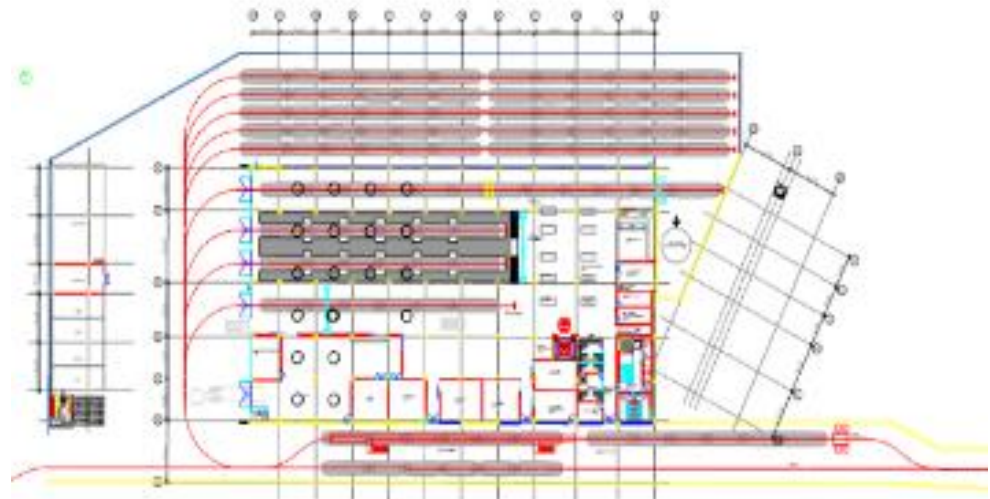
Línea TA	Conexión Metro Conexión Cable Conexión BRT
Línea M Cable Pan de Azúcar	Conexión Tranvía 1,1 Km - 3 estaciones
Línea H Cable Villa Sierra	Conexión Tranvía 1,4 Km - 3 estaciones



# Taller de Miraflores

- Vías de estacionamiento
- Vías de pruebas de frenos
- Vías de mantenimiento (pasarela y elevación)
- Vía con foso para revisión
- Vía de lavado

- Garaje de cabinas
- Almacén
- Talleres
- Cabina de pintura
- Brigada y primeros auxilios
- Integración Metrocable línea M









## FICHA TÉCNICA DEL VEHÍCULO



### Motor:

4 motores eléctricos, sustentados por catenaria (2 en cada eje extremo y 2 en un eje intermedio).



Velocidad máxima de diseño: 70 km/h.

Velocidad promedio 30 a 40 km/h.

Aceleración:

1,2 m/s<sup>2</sup>



Peso en vacío: 35,2 toneladas.



Número de ejes: 6 (3 de ellos son ejes motrices)



Número de morsetos: 12

Tramvia alimentado por catenaria como el de los trenes actuales.



Capacidad de carga:

300 pasajeros

Pantógrafo

Paneles acristalados de gran tamaño ubicados en los laterales de los coches.

## ASÍ ES EL INTERIOR



Ramas de sujeción en cada coche, para la seguridad de los usuarios que viajan de pie.

Cabina del conductor

Sillas

Suelo en caucho sintético

Puertas

Paneles LED interiores y exteriores que suministran información de destino.

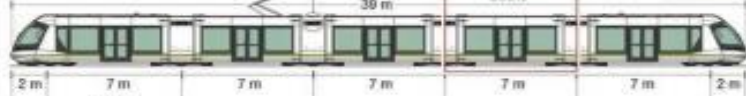
## PROXIMA ESTACION

30 m

Coches

## DISTRIBUCIÓN POR DENTRO Y FUERA

(Vista lateral)



(Vista superior)



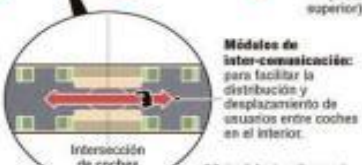
Sillas reclinables para personas con movilidad reducida.



40 personas sentadas



260 personas de pie



Módulos de inter-comunicación para facilitar la distribución y desplazamiento de usuarios entre coches en el interior.



Sistema de información a los usuarios, dos pantallas de cristal líquido tipo TFT en el interior del vehículo.



Dispositivo de seguridad. Detiene la marcha del tramvia en caso de que el conductor presente algún percance.



Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.



Un módulo de aire acondicionado para cada coche.



2,2 m

Rodillo de guiado

Banda de rodadura en caucho

Brazo de unión

Plataforma de concreto reforzado

Quilapiedras

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto



2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

Rodillo de guiado

2,2 m

Dispositivo de seguridad

Para la seguridad de los usuarios, el vehículo contará con cámaras de seguridad tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

Un módulo de aire acondicionado para cada coche.

Dispositivo de despeje de objetos

El riel guía está fijado al concreto

Plataforma de concreto reforzado

Brazo de unión

Banda de rodadura en caucho

## Kilometrajes Recorridos por las unidades

Kilometros recorridos	año 2016	año 2017	año 2018	año 2019	año 2020
<b>Total Km Año</b>	<b>326.222</b>	<b>457.911</b>	<b>500.270</b>	<b>555.855</b>	<b>532.641</b>
Promedio mensual	27.185	38.159	41.689	46.321	44.387
Promedio diario	894	1.255	1.371	1.523	1.459

**Total de Kilometros recorridos al 2020**  
**2.372.899**

A hand holding a stethoscope, with a blurred background of people, overlaid with a blue tint.

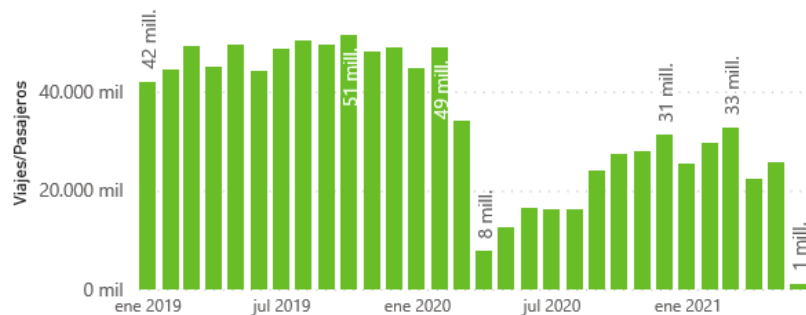
# Impacto del COVID-19 en la operación, afluencia



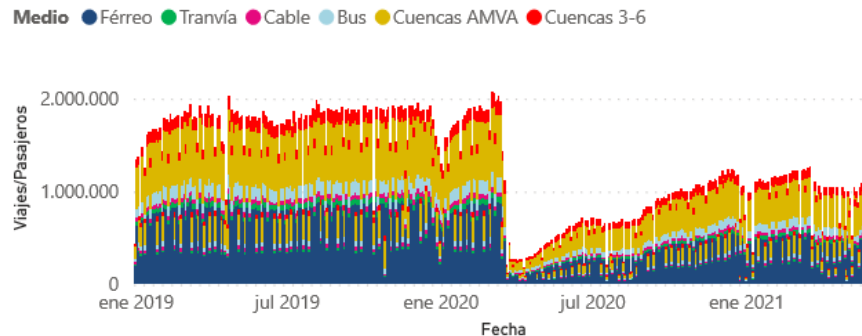
# Impacto del COVID-19 en la operación, afluencia

## Sistema Metro (todos los modos)

Pasajeros (Incluye transferencias)

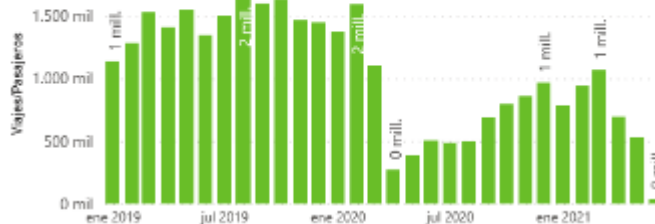


Pasajeros (Incluye transferencias)

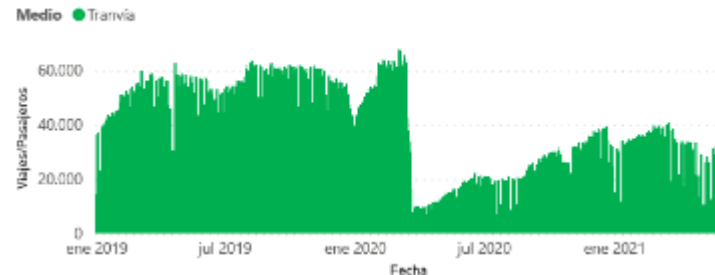


## Modo Tranvía

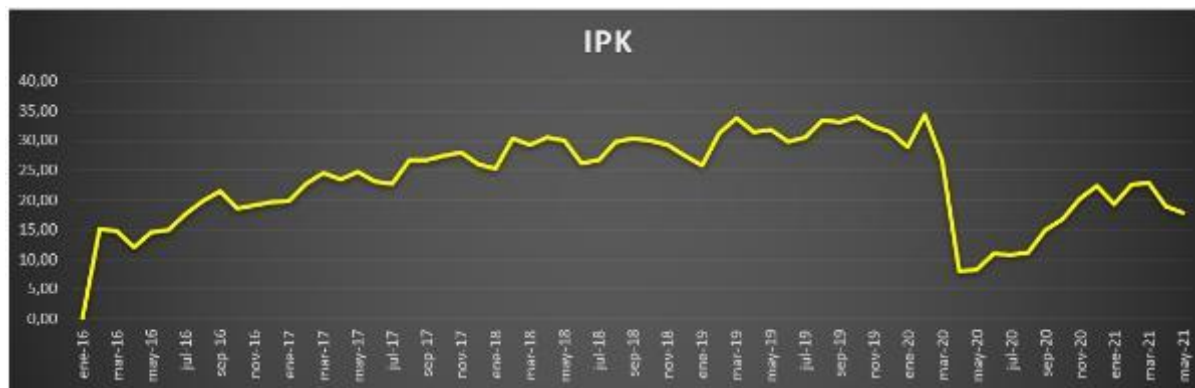
Pasajeros (Incluye transferencias)



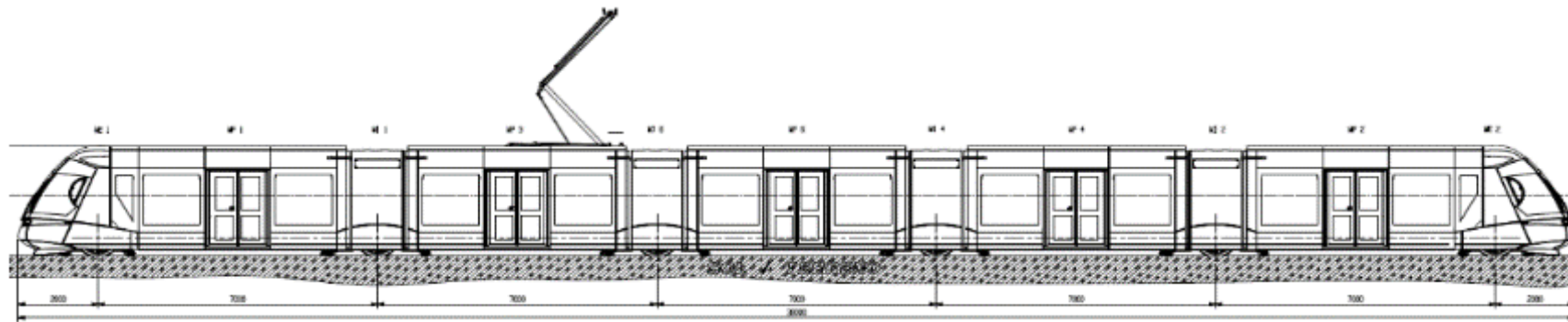
Pasajeros (Incluye transferencias)



# Índice de Pasajeros Transportados por Km



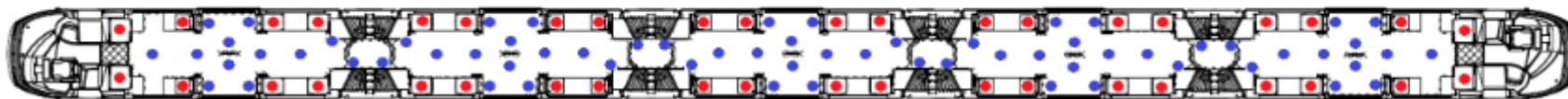
# Ocupación por restricciones gubernamentales



Mar – Sep 2020  
35%

• Sentados  
• de Pie

Densidad	Sentados	de Pie	Total
35% de 6Pas/m <sup>2</sup>	40	65	105

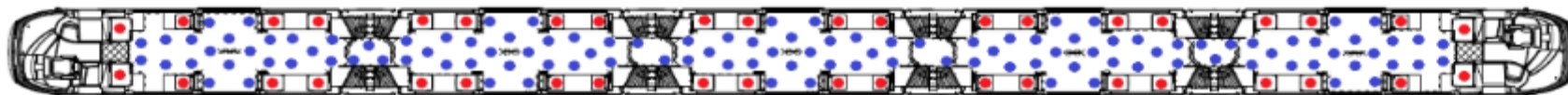


Sep – Nov 2020

50%

- Sentados
- de Pie

Densidad	Sentados	de Pie	Total
50% de 6Pas/m <sup>2</sup>	40	110	150

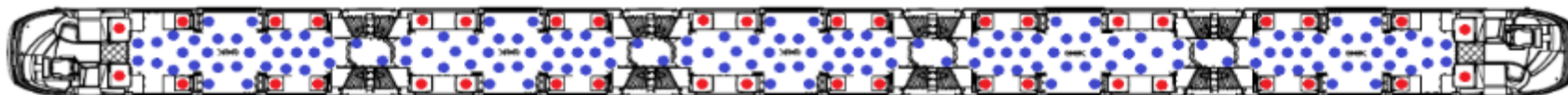


Dic / 2020 – Hoy 2021

70%

- Sentados
- de Pie

Densidad	Sentados	de Pie	Total
70% de 6Pas/m <sup>2</sup>	40	177	217



# Acciones de Bioseguridad para enfrentar la pandemia



Modo **GENERAL**



Modo ~~**AUTOSERVICIO**~~









Con filtros de alta eficiencia buscan mitigar posibles contagios de Covid-19 en usuarios del tranvía de Medellín








Campañas y avisos recurrentes en carteleras y sistemas de información al viajero sobre los protocolos de bioseguridad, además de replicar las indicaciones del Ministerio de Salud



# Formación al personal, protocolos de bioseguridad y adecuación de espacios para las labores de mantenimientos

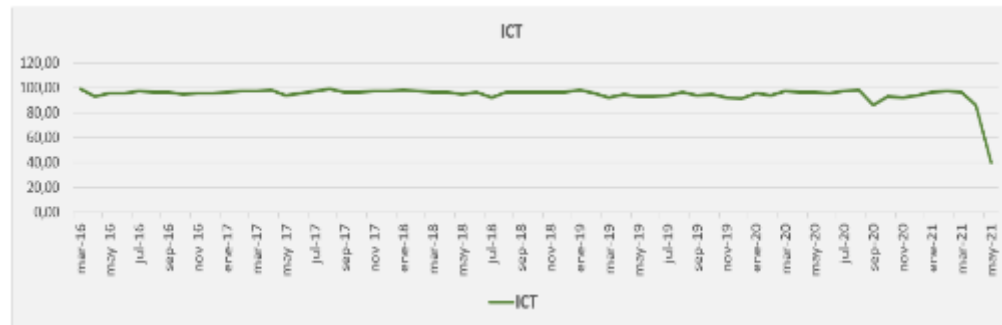


A hand is shown holding a thick, black, flexible cable. The background is a blue-tinted image of a bicycle, with the hand and cable in the foreground. The text is centered over the image.

# Interrupciones en la vía Experiencia Operativa

# Índice de Calidad de Tráfico

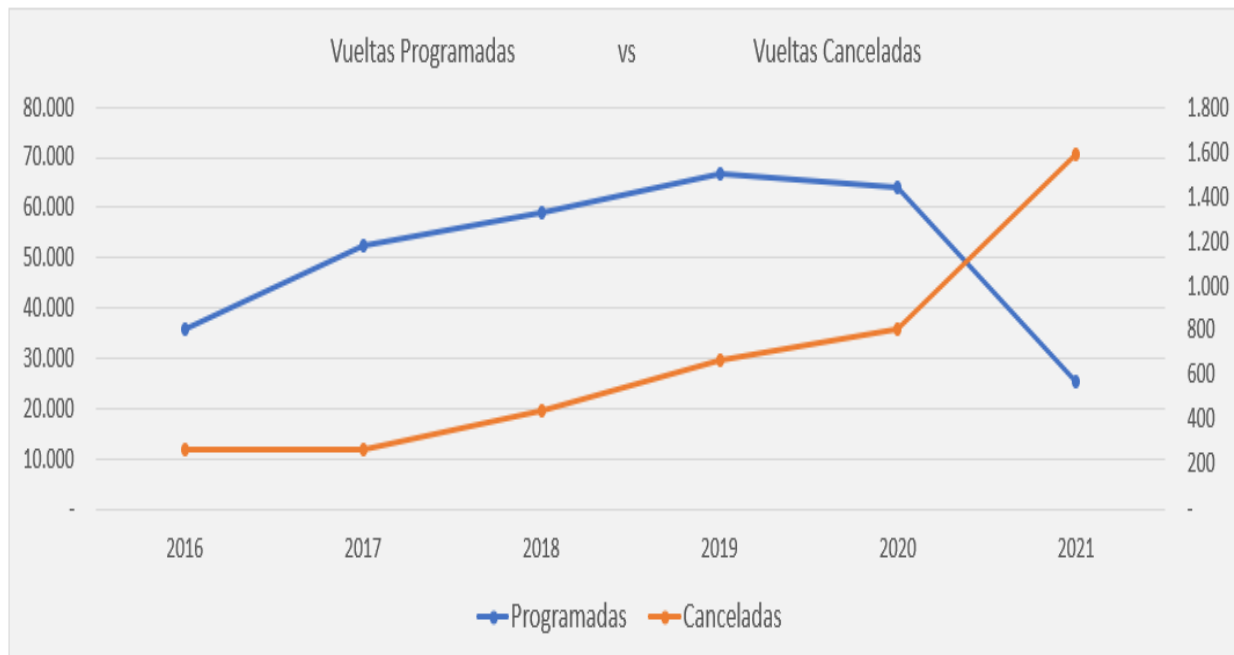
$$ICT = (e(-1 * ((1.5 * (1 - (VP - VC)/VP) + 10 * (1 - (1 - (\text{minutos atrasos}/(VP * 50))))))) * 100\%$$





## Causas Atraso no Controlables

- Manifestaciones ciudadanas 38%
- Accidentes de tránsito (Vehículos, Motociclistas, Peatones, Ciclistas) 25%
- Cruces bloqueados por congestión vehicular 29%
- Objetos en vía, condiciones climáticas 6%



# Acciones para enfrentar las causas no controlables

## Manifestaciones ciudadanas 38% (Eventos culturales, deportivos, marchas etc.)

- Coordinación con los organismos de seguridad de policía, entes gubernamentales, culturales, deportivos
- Anticipar la protección de los Vehículos limitando el tramo de circulación o ingreso al taller
- Sensibilización y comunicación constante al personal operativo y de Mantenimiento
- Comunicación permanente por redes sociales con los usuarios y medios audiovisuales
- Pólizas de seguros para cubrir los posibles vandalismos.
- Formación, sensibilización del personal operativo en temas de autocuidado.

## Cruces bloqueados por congestión vehicular 29%

- Coordinación con los organismos de control de Transito, Policía y Bomberos
- Regulación por tramos o partes de la línea comercial
- Información constante al usuario por redes sociales y medios audiovisuales

## Objetos en vía, condiciones climáticas 6%

- Formación del personal operativo y de mantenimiento
- Limpieza y verificación de la vía diariamente antes del servicio comercial
- Sensibilización constante al personal de CON sobre la importancia de marcha a la vista



## Accidentes de tránsito (Vehículos, Motociclistas, Peatones, Ciclistas, etc.)

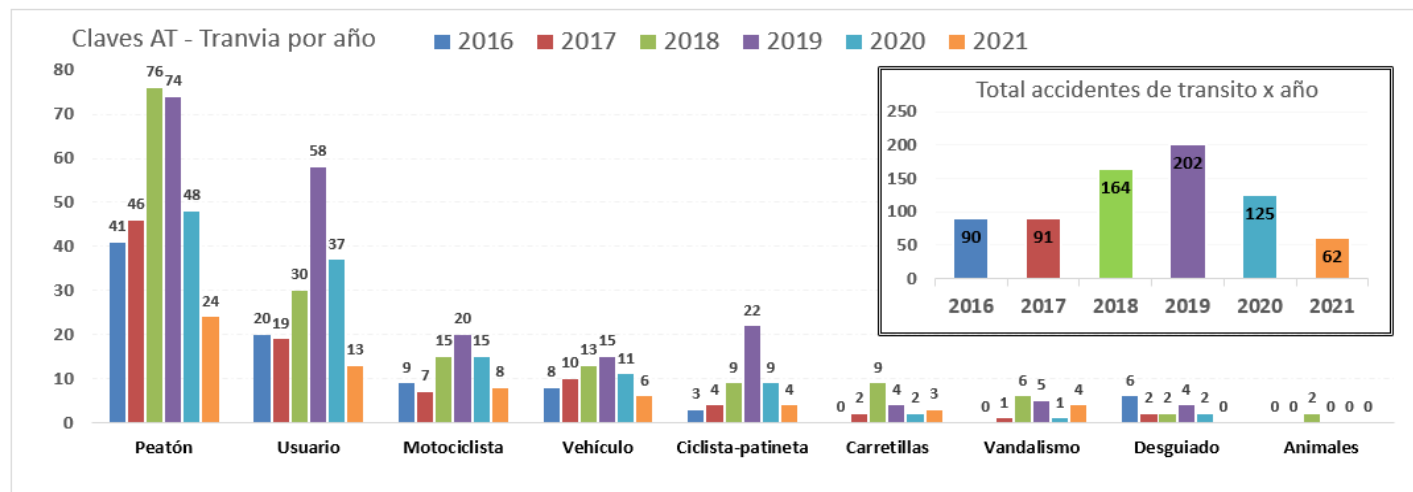
25%

- Análisis de riesgos operacionales que permitan anticipar acciones y controles
- Pólizas de seguros
- Coordinación con los organismos de control de tránsito
- Formación conjunta entre Mantenimiento, Operaciones y Organismos de socorro para atención de emergencias (Bomberos)
- Protocolos de comunicación
- Acompañamiento jurídico
- Campañas educativas
- Recolección y protección de datos (Imágenes, Videos, Datos de cajas negras del vehículo)
- Gestión de compra de repuestos, materiales y homologación de partes

# Estadísticas

---

año	Cant. AT	Costo Daños x año	Atrasos [min]
2016	90	\$ 80.479.087	2.362
2017	91	\$ 415.318.880	1.860
2018	164	\$ 266.737.757	2.253
2019	202	\$ 399.908.979	2.616
2020	125	\$ 173.920.585	2.115
2021	62	\$ 415.772.766	778
<b>Total</b>	<b>734</b>	<b>\$ 1.752.138.054</b>	<b>11.984</b>





# Campañas

---

# "Para, mira... sigue"

Durante febrero y marzo de 2020 se desarrollo una campaña educativa en el sistema de Tranvía y Buses con el objetivo de disminuir los índices de accidentalidad, divulgada por redes sociales y además divulgada por personal de guías educativos, se realiza letreros en varios sitios del sistema y algunos imágenes artísticas pintadas por artistas urbanos, también se pinta el GLO de color verde para diferenciar la zona de circulación de los vehículos.







# Homologación de partes



# Revestimientos y Vidrios

Capota Rueda



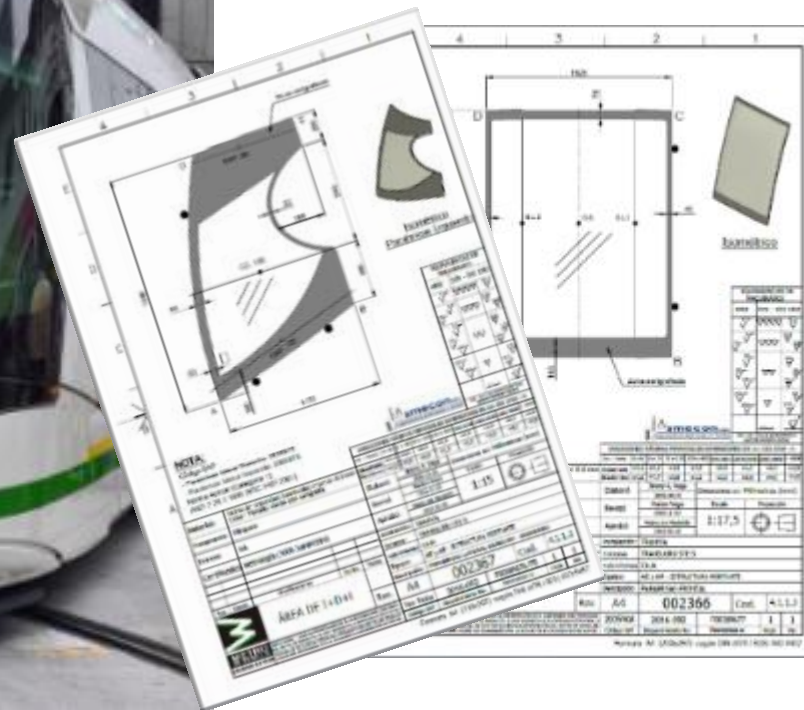
Capota Motor



Escudo Parachoques



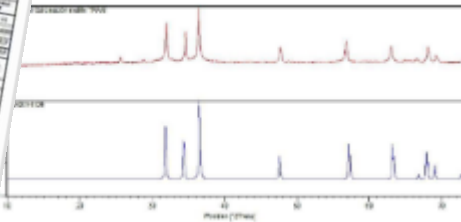
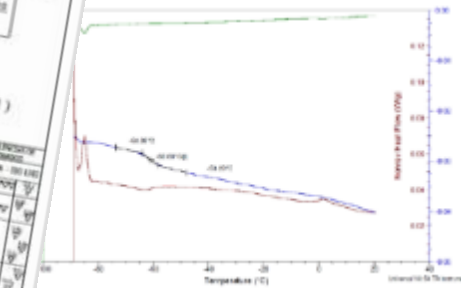
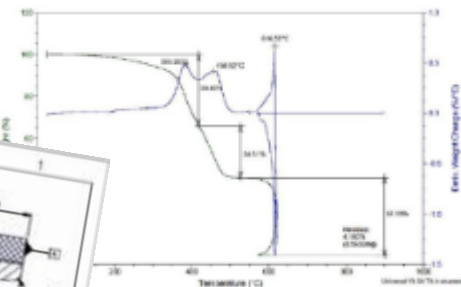
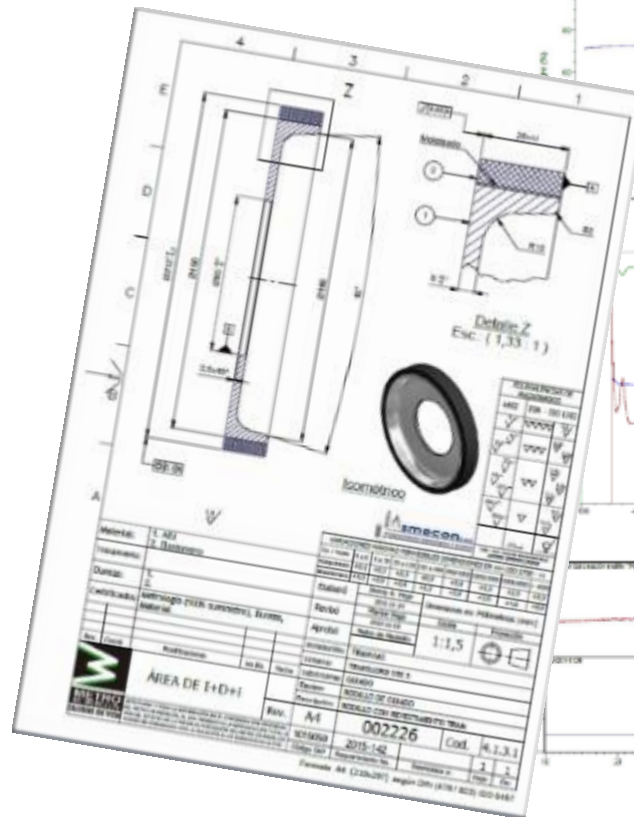
Parabrisas frontales,  
ventanas laterales,  
vidrios de paneles etc.



# Bandas con revestimiento rodillos de guía

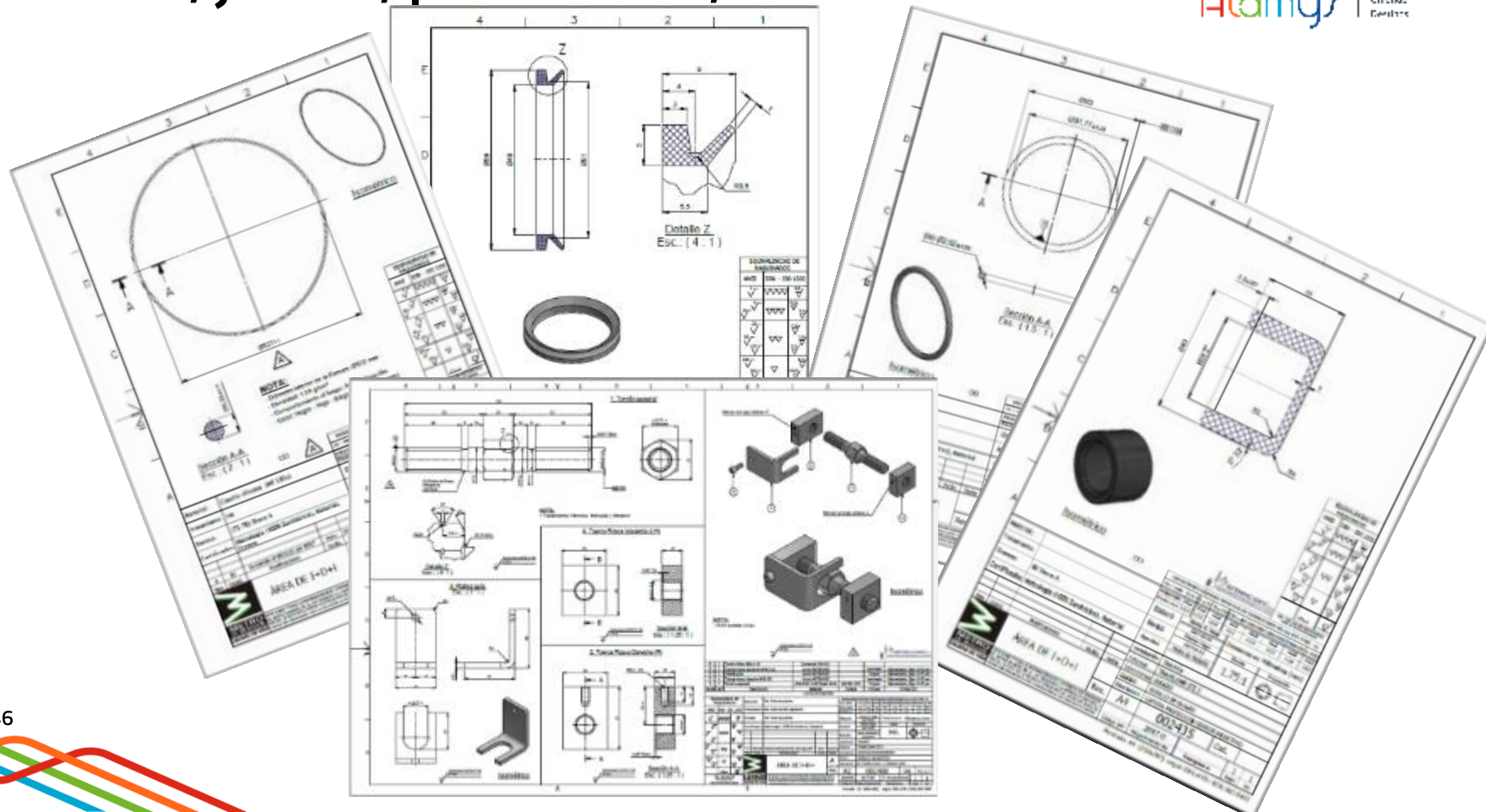
Participación en el estudio de materiales la Universidad de Antioquia

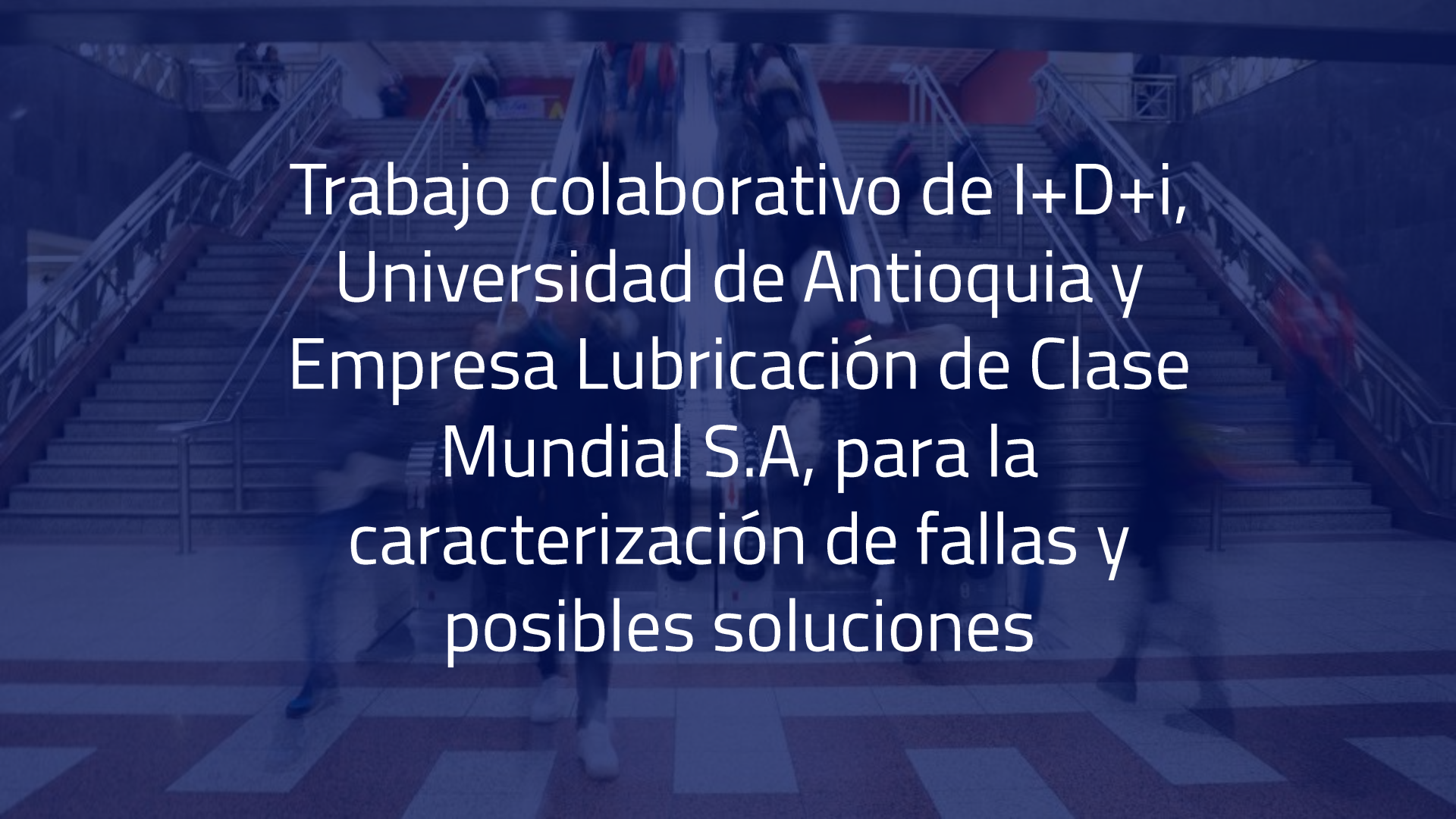
- |   |                |
|---|----------------|
| 1 | Elastómero     |
| 2 | Acero (carril) |





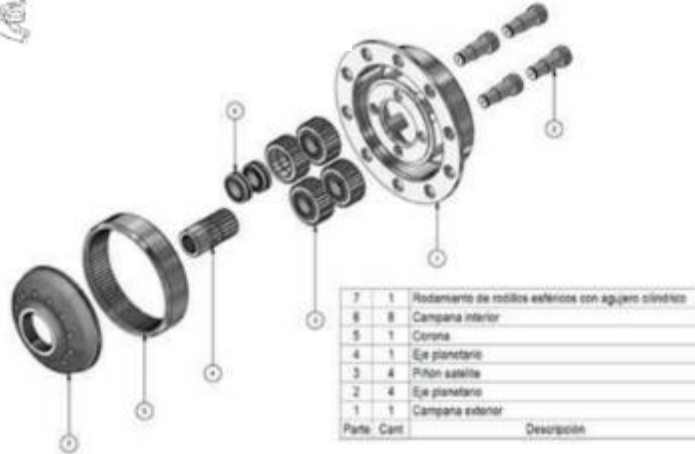
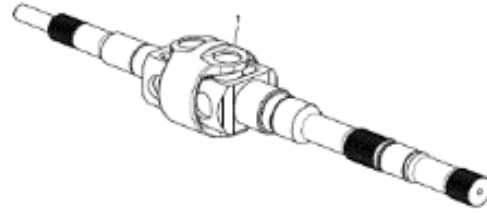
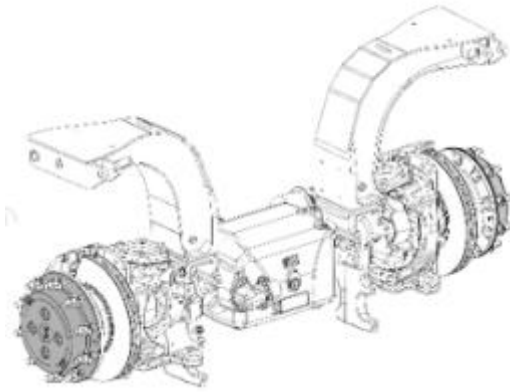
# Cauchos, juntas, protectores, tornillos





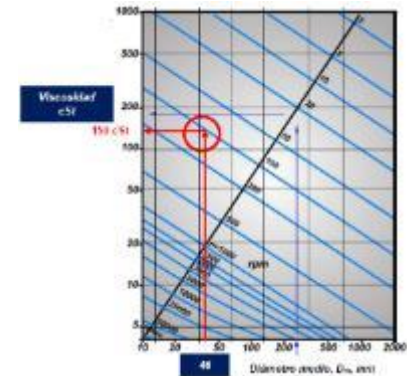
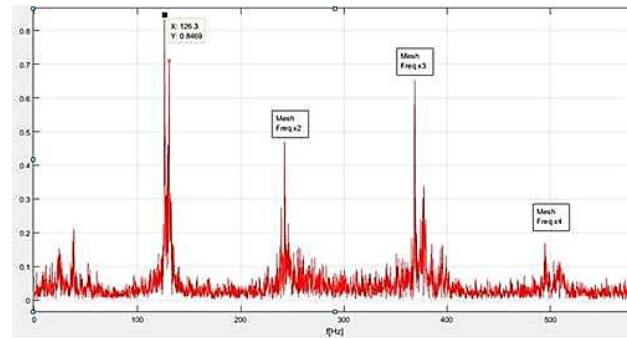
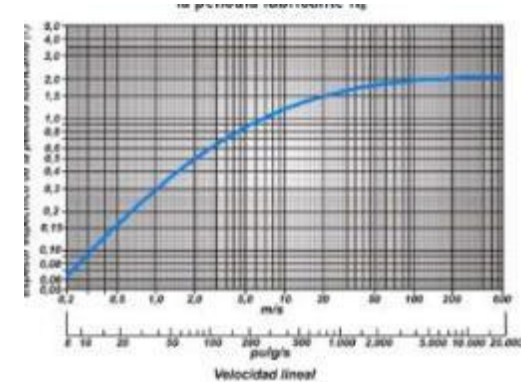
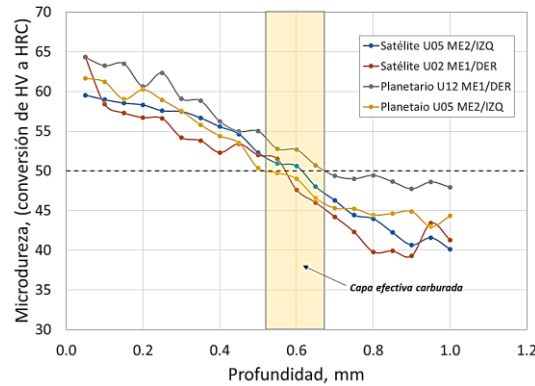
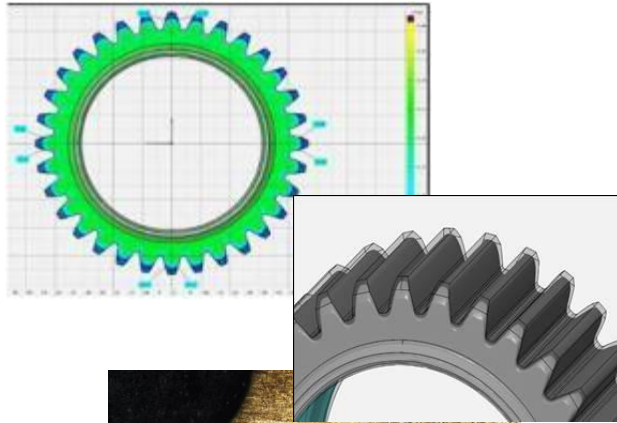
Trabajo colaborativo de I+D+i,  
Universidad de Antioquia y  
Empresa Lubricación de Clase  
Mundial S.A, para la  
caracterización de fallas y  
posibles soluciones

# Averías en piñones de cajas reductoras y cardan





Participación en el análisis de falla de la Universidad de Antioquia en  
caracterización y estudio de materiales y empresa profesional en análisis  
tribológico (Lubricación de Clase Mundial S.A)



# Conclusiones

Generamos calidad de vida conectando e integrando personas y promoviendo territorios sostenibles