



Control Geodésico y SIG de un Tramo del Sistema Ferroviario de Colombia



Profesor: Andrés Cárdenas Contreras
Ing. Daniel Andrés Martínez Cano
Ing. Raúl Ernesto Martínez Cano
Ing. Jorge Iván Rodríguez Sanabria



Contenido

- Propósito del proyecto
- Área de estudio
- Descripción del proyecto
- Resultados Obtenidos
 - Control Geodésico
 - Sistema de Información Geográfico
 - Análisis de Rutas
- Proyectos futuros



Problema a Resolver

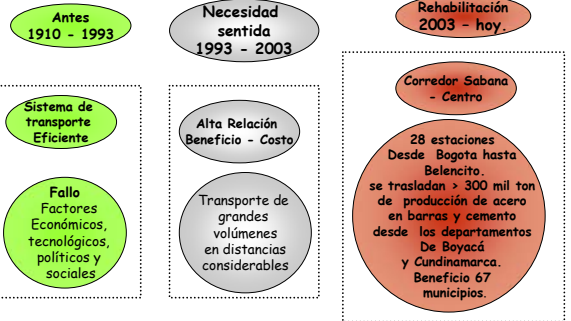


¿La Red Ferroviaria se controla Geodésicamente?

El sistema ferroviario nacional de carga en Colombia, requiere de un marco de referencia geodésico preciso, que proporcione coordenadas confiables para mejorar la eficiencia y gestión adecuada en las rutas.

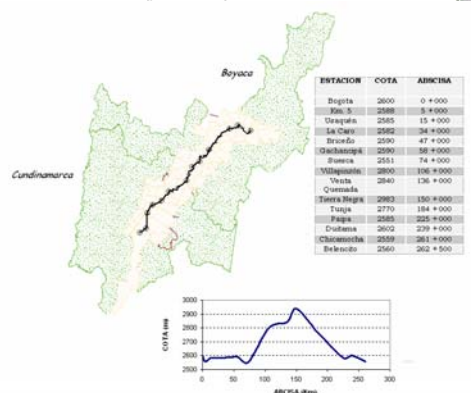
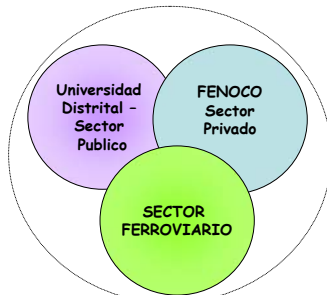


Síntesis diagnóstica del Sector ferroviario



Propósito del Proyecto

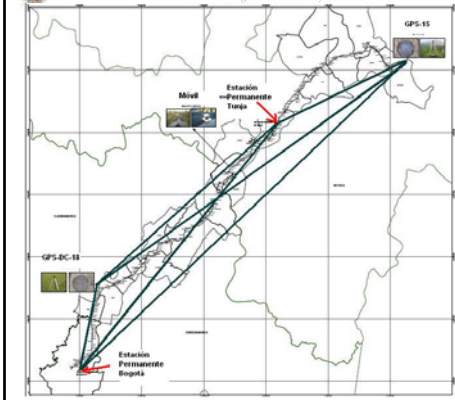
Se realizó un estudio piloto de un control geodésico horizontal y el desarrollo e implementación de Sistema de Información Geográfico para la optimización del tránsito del sistema ferroviario de carga en Colombia





Control Geodésico

- Adquisición
 - Dos Estaciones permanentes BOGA Y TUNJA
 - Dos puntos base (GPS-D-C-18 y GPS-1-15)
 - Punto móvil adaptado al tren (Locomotora tipo General Electric U10B)
- Control
 - Red Geodésica FENOCO (Ferrocarriles del Norte de Colombia), WGS 84
- Equipos
 - GPS marca Topcon modelo Hiper GGD, de doble frecuencia
- Rastreo
 - Se utilizaron 4 segundos para el tiempo de captura de los datos
 - Se modelaron cuatro trayectos de la ruta Bogotá - Belencito, Belencito - Bogotá,
 - Rastreo 16 horas de rastreo permanente por cada toma.



Localización de las Estaciones Permanentes, Bases y Móvil.



Estación Geodésica GPS-15.



Localización Receptor GPS- Móvil.



Receptor GPS-Móvil



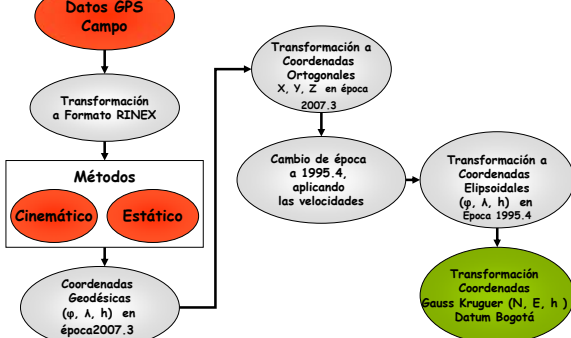
GPS-Móvil.



Característica	Valor	Característica	Valor
Máscara de elevación mínima	15°	Exactitud Horizontal Deseada	0.200m + 1ppm
Límite en promedio de posición	0.075 m	Exactitud Vertical Deseada	0.200m + 2ppm
Límite en promedio de altura	0.10 m.	Nivel de Confianza	Error Estándar.
Frecuencias Utilizadas	Dependian de los receptores (Automática): L1: L1 + L2.	Sistema Coordinado Horizontal	World Geodetic Sytem. 1984
Efemérides de los satélites	Rápidas del IGS.	Unidades Lineales	Metros
Modelo Ionosférico	Calculado para líneas base < 10 Km. libre ionosfera para líneas base > 10 Km.	Número de datos	45.735
Modelo Troposférico	Hopfield.	Número de Vectores	174.284
		Calidad de posición de los vectores y líneas base	Entre 0.0252 m y 0.048 m



Transformación de la información GPS



SENTIDO TRAMO	VIAJE 1	VIAJE 2	VIAJE 3	VIAJE 4	TOTAL datos eliminados los atípicos	TOTAL Datos adquiridos
KM 5 - USAQUÉN	---	419	416	419	1254	1726
USAQUÉN - LA CARO	---	652	665	652	1969	1985
LA CARO - BRICEÑO	---	450	528	450	1428	1746
BRICEÑO - GACHANCIPÁ	---	396	506	396	1298	1300
GACHANCIPÁ - SUESCA	---	589	754	589	1932	2046
SUESCA - VILLAPINZÓN	2069	1194	1429	893	5585	6022
VILLAPINZÓN - VENTAQUEMADA	2123	1297	1454	1149	6023	6127
VENTAQUEMADA - TIERRANEGRA	949	614	659	577	2799	2812
TIERRANEGRA - TUNJA	2728	1476	1674	1100	6978	7077
TUNJA - PAIPA	2762	1126	1829	1774	7491	7976
PAIPA - DUITAMA	881	484	557	431	2353	2384
DUITAMA - CHICAMOCHA	1494	723	1037	842	4096	4534
TOTAL	13006	9420	11508	9272	43206	45735



Sistema de Información Geográfico

- **Usuarios del SIG**
 - o FENOCO y otras Empresas del Sector Privado que utilizan el transporte de carga.
- **Reglas que rigen procesos:**
 - o Hora de salida de los trenes: No es fija, depende de la demanda
 - o Numero de trenes en la vía por tramo: Sólo puede haber un tren en la vía
 - o Tripulación: Es obligatorio parar en la estación de Tunja para cambio de tripulación
 - o Carga: Restricciones de peso en tramos debido a la topografía del lugar
 - o Tramos de vía: Se definieron doce tramos de vía según la topografía

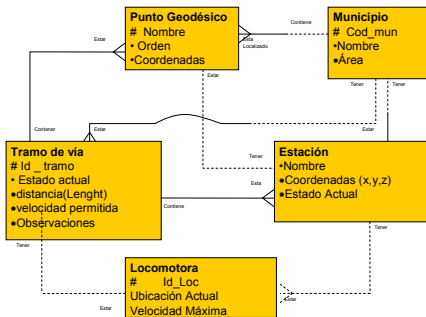


Sistema de Información Geográfico

- **Información**
 - o Archivos de intercambio
 - o Posición exacta de las Estaciones
 - o Especificaciones Técnicas de las Maquinas
 - o Velocidad Máxima
 - o Carga Permitida
 - o Estado del Corredor
 - o Coordenadas de los Puntos Geodésicos de Control.



Modelo Entidad - Relacion

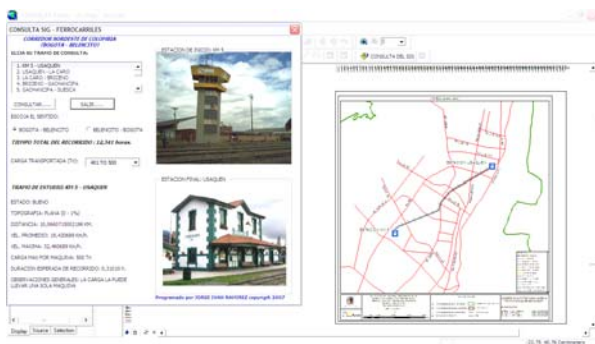


Resultados Obtenidos

- Interfaz de Consulta
- Topografía del recorrido
- Velocidades
- Análisis de Ruta

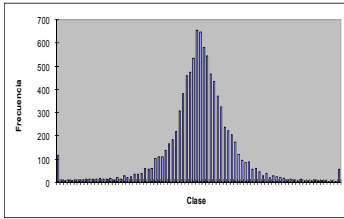


Interfaz de Consulta



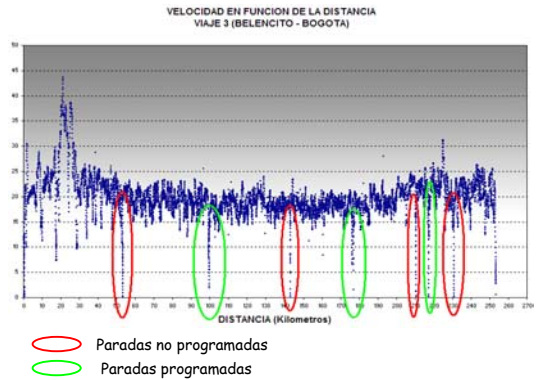
Perfil del Recorrido





Velocidades Intervalo

- **Método para definir atípicos:**
- **Media Conocida de la Población**
 - Permite construir una tabla de control con base en la media muestral
 - Cuando la medición de interés se encuentra normalmente distribuida, tiene media y desviación estándar conocidas.



Análisis de ruta por tramos

TRAMO	ESTADO DE LA VIA	Promedio de velocidad Establecido Por FENOCO (Km/h)	Promedio de velocidad Obtenida en el proyecto (Km/h)	Vel. Max Obtenida (Km/h)
KM 5 - USAQUEN	Regular	20	19.1083	30.523
USAQUEN - LA CARO	Adecuado	35	25.048	43.745
LA CARO - BRICEÑO	Bueno	30	21.341	28.857
BRICEÑO - GACHANCIPA	Regular	20	20.325	26.114
GACHANCIPA - SUESCA	Regular	20	18.730	23.249
SUESCA - VILLAPINZÓN	Regular	20	18.988	25.643
VILLAPINZÓN - VENTAQUEMADA	Regular	20	18.231	24.039
VENTAQUEMADA - TIERRANEGRA	Regular	20	17.890	21.273
TIERRANEGRA - TUNJA	Regular	20	17.716	23.477
TUNJA - PAIPA	Deficiente	15	19.327	28.092
PAIPA - DUITAMA	Deficiente	15	21.3485	31.277
DUITAMA - CHICAMOCHA	Deficiente	15	19.849	26.390



Limitaciones

- **Trayectos rastreados**
 - o Es necesario tomar mas datos (trayectos) para lograr el análisis de la información con mayor confiabilidad
 - o En un tramo la capacidad de memoria real, fue inferior a la presupuestada por el intervalo de grabación inicial 2 seg.
 - o Realizar un modelo estadístico mas ajustado a las necesidades de este tipo de información para garantizar el seguimiento en tiempo real
- **Económicas**
 - o Proyecto de investigación académico con bajo presupuesto
 - o Dificultad en el apoyo de los sectores privados
- **Uso e implementación de los resultados**
 - o Rechazo inicial de los operarios y las directivas de FENOCO a los cambios
 - o Desconocimiento de la herramienta



Desarrollos futuros

- Realizar un proyecto de **posicionamiento horizontal y Vertical** en Tiempo Real del sistema ferroviario de carga en Colombia
- Realizar el SIG para control en tiempo real de las rutas
- Realizar el seguimiento del diseño geométrico de la vía férrea con el soporte del control GPS



!!! Muchas Gracias !!!



Laguna de Guatavita – Sabana de Bogotá