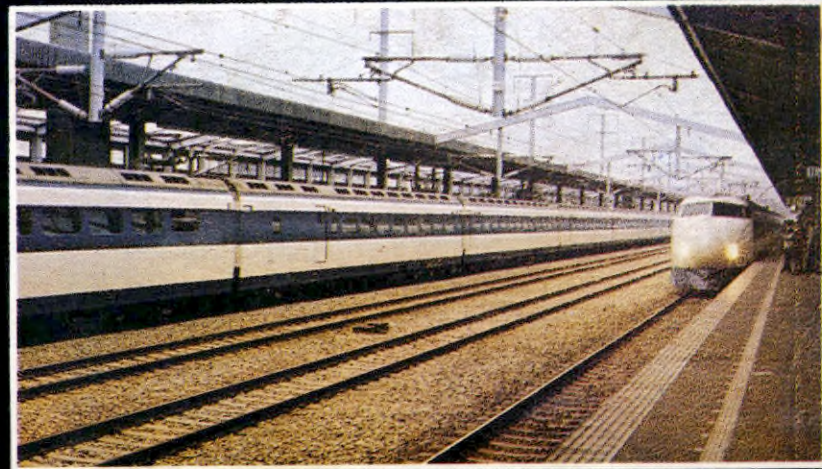
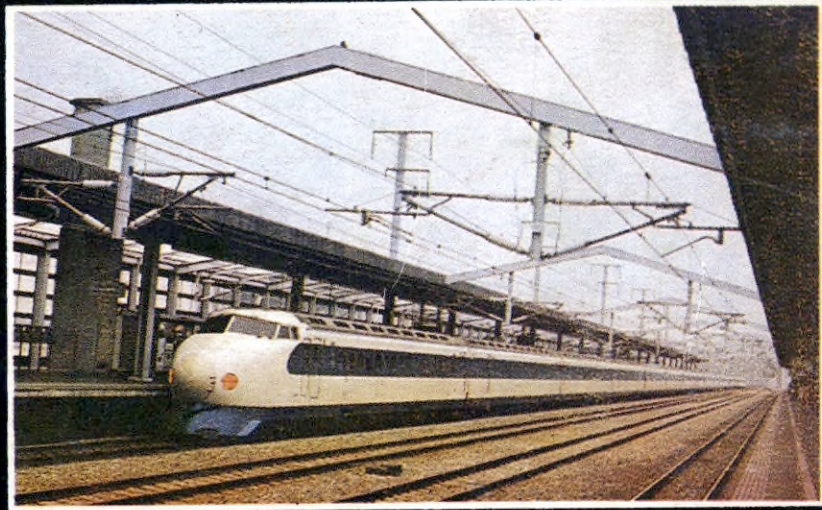


ELECTRIFICACION DEL FERROCARRIL DEL NORDESTE

ELECTRIFICADORA



DE BOYACA S. A.



*Un
modelo
de
transporte
para
el desarrollo*

338.

F593e

1981

ELECTRIFICADORA DE BOYACA S.A.

TABLA DE CONTENIDO

I	Area del Proyecto	6
II	Producción de Carga	10
III	Alternativas de Transporte	16
IV	La carretera Bogotá Belencito	18
IV-1.	Características de la vía	18
IV-2.	Volúmen de Tránsito	19
IV-3.	Saturación de la vía	23
IV-4.	Capacidad de la vía	24
IV-5.	Accidentabilidad y peligrosidad de la vía	28
IV-6.	Contaminación	31
IV-7.	Ensanche de la carretera	33
IV-8.	Costo de transporte	34
V	Los Ferrocarriles en el mundo	36
V-1.	Visión Mundial	36
V-2.	Electrificación de Ferrocarriles	38
VI	Los Ferrocarriles de Colombia	41
VI-1.	Hacia el futuro	45
VII	El Ferrocarril del Nordeste	48
VII-1.	Bogotá-Belencito	48
VII-2.	Características de la Vía	49
VII-3.	Estructura de la Vía	51
VII-4.	Estado de la Vía	51
VII-5.	Accidentalidad	51
VII-6.	Transporte de pasajeros	54
VII-7.	Movimiento de Carga	57
VII-8.	Capacidad de carga	57

VII-9.	Rehabilitación de la vía	58
VIII	El Ferrocarril Belencito-Paz del Río	59
V'II-1.	El estudio	59
V III-2.	El Ferrocarril	60
VIII-3.	Datos Técnicos	60
VIII-4.	Locomotora B.B.B. Paz del Río	61
VIII-5.	Operación	62
VIII-6.	Resultados	64
VIII-7.	Recomendaciones	64
IX	Electrificación de la línea Bogotá-Belencito	65
IX-1.	Subestaciones	65
IX-2.	Línea de contacto	66
IX-3.	Soportes y bases	69
IX-4.	Locomotoras	70
IX-5.	Telecomunicaciones	72
IX-6.	Plan de inversión para electrificar el Ferrocarril	73
IX-7.	Costo de Transporte	74
X	Economía del Proyecto	77
X-1.	Ahorro por fletes	77
X-2.	Ahorro de combustible	77
X-3.	Inversión	77
X-4.	Período de recuperación	77
X-5.	Tasa de retorno	78
X-6.	Relación costos totales	78
X-7.	Relación costos de transporte	78
X-8.	Relación de consumo energético	78
X-9.	Relación costos de operación	78
XI	Carretera y Ferrocarril dos medios que se complementan	79
XI-1.	Generalidades	79

XI-2.	Volúmenes de carga a transportar por los medios	79
XI-3.	Abastecimiento del Ferrocarril por el medio Automotor	80
XII	Tarifa especial por energía consumida	81
XIII	Conclusiones	84



AREA DEL PROYECTO

CUNDINAMARCA

SANTANDER DEL SUR

CASANARE

ARAUCA

NORTE DE SANTANDER

ANTIOQUIA

META



PRESENTACION

El departamento de Boyacá ha consolidado en su zona central, con el paso del tiempo, una poderosa zona industrial. La industria boyacense, por encima de dificultades propias de un país en desarrollo, se expande, adquiere notoriedad en el panorama nacional, peso específico dentro de las cuentas nacionales.

Pertencen al complejo industrial boyacense diversas comarcas de un altiplano donde se destacan con jerarquía propia, Belencito, Sogamoso, Duitama, Nobsa, Paipa, Pesca, Tuta, Tunja.

La producción es variada, el progreso sectorial sostenido, previsiblemente se mantendrá en ascenso por cuanto obedece a condiciones reales propias de la zona; se trata de una región rica en minerales básicos, situada en un territorio alto, de amable fisonomía, excelente clima, propia para significativos asentamientos humanos y amplios desarrollos geoeconómicos.

La vitalidad de la zona se refuerza por el hecho de pertenecer al área de influencia de Bogotá, capital del país, centro gravitatorio de vasto alcance. Bogotá se ha convertido en efecto, en el polo de inducción y atracción más importante del país. Jerarquiza dilatados territorios, entre ellos, en primer término, la zona industrial de Boyacá.

Esta polaridad manifiesta tiene consecuencias concretas en el destino de la producción boyacense y en el transporte de carga y pasajeros. Inicialmente la unión entre Bogotá y lo que es hoy zona industrial de Boyacá se hizo por medio de una carretera de elemental trazado y sencillas especificaciones, más tarde un ferrocarril, el del nordeste, de trocha de un metro, comenzó a funcionar entre Bogotá y Sogamoso a donde llegó en 1931. Con el correr del tiempo sucedieron tres fenómenos más o menos simultáneos: la zona industrial de Boyacá se vigorizó, especialmente impulsada por la industria del Acero; el ferrocarril declinó hasta prácticamente suspenderse; la carretera, rectificadas y amplias, tomó sobre sí todo el paso de transporte de carga y pasajeros.

Mientras esto sucedía, la industria de Paz del Río construyó y puso en funcionamiento el primer ferrocarril eléctrico de Colombia, de 40 kilómetros de longitud; en el mundo los ferrocarriles comenzaron a renovarse, se extendieron, se hicieron más veloces, se electrificaron en tramos notables; los combustibles se encarecieron como nunca antes; la preservación del medio tomó puesto en la conciencia de las gentes.

Al llegar el momento actual confrontamos grave problema de transporte entre Bogotá y Belencito: la carretera, única vía, es insuficiente, esta saturada, se deteriora cada día, es altamente peligrosa para los pasajeros; el precio del combustible encarece un tráfico automotor; el panorama boyacense se torna sombrío altamente preocupante.

Estas observaciones y experiencias nos han llevado a la conclusión de que Boyacá debe replantearse a fondo el tema del transporte pesado entre su zona industrial y Bogotá.

Se trata de emprender acciones en las que quedan aludidas las dos vías básicas, la carretera y el ferrocarril entre Bogotá y Belencito.

El presente estudio se concentra, por eso, en examinar las características del área aludida por las vías, las vías propiamente dichas, la posibilidad de restablecer el funcionamiento del ferrocarril, su electrificación, la preservación del ambiente, los beneficios económicos y

sociales de una solución racional amplia.

En 1979 la *Electrificadora de Boyacá S.A.*, estaba ya consciente del grave problema del transporte que confronta Boyacá. En julio de ese año presentó un trabajo sobre la "Electrificación del ferrocarril del Nordeste", en el encuentro de gobernadores e intendentes del Oriente Colombiano. Era nuestro ánimo planterar una respuesta al problema aludido. El estudio despertó interés en empresas como Paz del Río S.A., ICEL. Ferrocarriles Nacionales de Colombia y otras. Como consecuencia se constituyó un grupo de estudio inter-institucional que aportó los primeros trabajos.

A finales de 1981 la *Electrificadora* decidió abordar en forma más sistemática un estudio de pre-factibilidad de la electrificación del ferrocarril. Invitó para el caso a entidades nacionales, regionales y locales, experimentadas en materia, idóneas para el caso; todas respondieron admirablemente y son acreedoras a nuestro reconocimiento. Para coordinar el estudio y plasmarlo en un documento la *Electrificadora* recurrió a *ASPLAN*, una entidad privada dedicada al estudio de temas de interés general en materias de planeación.

El estudio que hoy presentamos se rige por una norma fundamental:

"Al abordar el tema de transporte de carga u pasajeros entre Bogotá y Belencito, servicio por dos vías, una carretera y un ferrocarril, no se trata de escoger una u otra, prescindiendo de una de ellas, o de crear competencias que juzgamos convenientes. Se trata, por el contrario, de buscar la armónica complementación de dos medios de transporte -tren y carretera- que no deben pelear, agredirse, ni competir, sino complementarse y servir como un conjunto. Reconocemos y declaramos que cada uno de los dos medios de transporte tiene su ámbito propio de plena eficacia, que no agrede al otro sino que lo apoya y fortalece".

Esperamos que este estudio tenga consecuencias prácticas, que signifique una contribución esencial en el progreso de un sector tan importante en la vida económica de la nación como es el transporte de carga y pasajeros.

ORLANDO FLECHAS CORREDOR
Gerente *Electrificadora de Boyacá*

ENTIDADES PARTICIPANTES

El presente estudio de prefactibilidad para electrificar el ferrocarril del Nordeste entre Bogotá y Belencito, es el resultado de una actividad participante, interinstitucional, realizada conjuntamente por entidades de los sectores público y privado. La iniciativa ha sido promovida desde tiempo atrás por la Electrificadora de Boyacá, S.A. Ha querido esta institución aportar a Boyacá, a Cundinamarca y a Colombia en general una bandera de acción concreta, de alta importancia y prioridad en el campo combinado de los transportes y la energía eléctrica. Los textos del estudio obedecen a trabajos originales aportados por:

Electrificadora de Boyacá, S.A.

MARCO ANTONIO CARO LOPEZ

Ingeniero de Transportes y Vías

EFRAIN ACEVEDO ORTIZ

Ingeniero Electricista

MIGUEL RAMON BRICEÑO ANZOLES ✓

Economista

Acerías Paz del Río

JOSE LUIS ESCOBAR GOMEZ

Ingeniero Electricista

Ministerio de Obras Públicas

PEDRO RAMON GRIMALDOS BARON ✓

Ingeniero de Transportes y Vías

Instituto Colombiano de Energía Eléctrica

JOSE DEL CARMEN MONTAÑA RODRIGUEZ

Ingeniero Electricista

Ferrocarriles Nacionales de Colombia

LUIS AUGUSTO JIMENEZ MUÑOZ

Economista

HERNANDO RODRIGUEZ PALACINO

Ingeniero Civil

JOSE HERNAN GARCIA MARTINEZ

Ingeniero Civil

Departamento Nacional de Planeación

JAIME ALBERTO HURTADO MARTINEZ

Economista

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

HUGO ARIAS CASTELLANOS ✓

Ingeniero de Transportes y Vías

GONZALO PEREZ BUITRAGO

Ingeniero de Transportes y Vías

MARCOS DUARTE G.

Economista Administrador de Empresas

En el estudio se tuvo en cuenta la tesis de grado de los universitarios Jesús Rebolledo, José Libardo Sánchez, Ricardo Sarmiento, "Estudio de Factibilidad del Ferrocarril Eléctrico del Nordeste", para optar el título de Ingenieros Electricistas en la Facultad de Ingeniería de la Universidad nacional.

El aporte de Acerías Paz 'del Río S.A. fue notablemente significativo. Por intermedio del Ingeniero José Escobar se obtuvo una experiencia concreta en materia de electrificación de ferrocarriles pues esta industria opera desde hace 18 años, un ferrocarril eléctrico que corre entre Belencio y Paz del Río, cuya Evaluación, incluida en el texto de este estudio, aporta material muy práctico que asegura la bondad del sistema y la necesidad de electrificar el ferrocarril del Nordeste.

Igualmente provechosos fueron los escritos de los doctores Javier Ramírez Soto, exgerente de los Ferrocarriles Nacional de Colombia y Alfonso Orduz Duarte, actual gerente.

Los datos y cálculos técnicos incluidos en el presente estudio se deben, pues inequívocamente a los colaboradores institucionales y particulares citados; a ellos se debe los méritos que pueda tener este ensayo de Prefactibilidad.

La coordinación, ensamble y redacción del estudio de prefactibilidad fue confiado por la Electrificadora de Boyacá S.A. a la firma ASPLAN, Asesores y Planificadores Ltda. Fue realizado luego de recibir de los participantes las respectivas monografías y de realizar una inspección total al ferrocarril estudiado, con la cooperación amable de las autoridades y técnicos de los Ferrocarriles Nacionales de Colombia.

Sea esta la oportunidad de observar que el acervo de datos estadísticos de que disponemos en Colombia muestran una relativa fragilidad que nos indica que debemos tomarlos no en forma absoluta como fuera de desear, sino como aproximaciones gruesas, indicativas de grandes tendencias. Las fluctuaciones económicas ayudan también a desactualizar los datos y los cálculos en tiempos muy cortos. También es bueno advertir que el estudio presente hay que tomarlo dentro de su contexto, no se trata de un proyecto, ni de un programa, ni de una factibilidad. Se trata, como expresamente está dicho, de una prefactibilidad. Se pretende entonces allegar elementos globales de juicio para saber si hay base para electrificar el ferrocarril y seguir con el estudio, o se carece de ella y se suspende.

Sin duda alguna, la prefactibilidad arroja base cierta sobre la conveniencia de electrificar el ferrocarril Bogotá-Belencito y, por tanto, es preciso seguir con la clarificación de antecedentes hasta llegar al proyecto y la construcción de la obra.

ALBERTO MENDOZA MORALES, Arquitecto

ALFONSO PALOMINO TORRES, Economista

ABEL PARRADO VILLANUEVA, Economista

CONCLUSION DEL ESTUDIO

El presente estudio arroja una conclusión única:

Hay que electrificar el ferrocarril del Nordeste.

La recomendación se sostiene, sea que se mantenga el ancho de la vía que es llamada "trocha angosta" o "colonial", de una yarda (914 mm.) correspondiente a todo el sistema ferrocarrilero colombiano, o que se aproveche la oportunidad y se amplíe a la "trocha standar", la más común en el mundo, como también se recomienda en el estudio. Es de advertir que la decisión tan importante queda en manos de las autoridades correspondientes del gobierno colombiano.

La electrificación prevista se contrae a 258 km. de longitud, comprendidos entre la estación llamada kilómetro 5, a esa distancia de la estación de la sabana en Bogotá, y la estación del Chicamocha en Belencito, departamento de Boyacá. Se recomienda empalmar, si es el caso el ferrocarril citado con el ya electrificado y en funcionamiento que une a Belencito con el Municipio de Paz del Río, para una longitud electrificada total de 298 km.

Todos los análisis y comparaciones, sin excepción, junto con antecedentes nacionales e internacionales, concurren a justificar la conclusión central y específica de electrificar el ferrocarril del Nordeste. El apoyo argumental se refiere a factores de los órdenes económicos, sociales y ecológicos. Es cuestión de máxima conveniencia nacional.

La conclusión es tan nítida que adquiere el carácter de recomendación práctica y válida de alta prioridad para los intereses nacionales de Colombia y regionales de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá.

La electrificación del ferrocarril Belencito-Bogotá hemos querido dejarla como conclusión única de este estudio y formularla aquí en su forma más escueta, a fin de no apartar de ella la atención concentrada de las autoridades en particular y de los ciudadanos en general.

En el conjunto del transporte colombiano, dentro de la historia de su desenvolvimiento, la electrificación del ferrocarril Bogotá-Belencito debe constituirse en un modelo para el sistema ferrocarrilero nacional, en un propósito nacional y en una meta compartida entre Cundinamarca y Boyacá.

CAPITULO I

AREA DE PROYECTO

El ferrocarril del Nordeste y la carretera Bogotá-Belencito, corren en forma sensiblemente paralela a lo largo de un corredor andino de 263 kilómetros de longitud. se extienden entre dos puntos de parecida altura sobre el nivel del mar, Bogotá a 2.550 m. y la estación Chicamocha, en Belencito, a 2.559. Ambos medios de comunicación, ferrocarril y carretera, pertenecen al equipamiento infraestructural del altiplano cundinamarqués-boyacense, el trayecto presenta tres sectores claramente definidos: un tramo entre Bogotá y Sesquilé, un tramo montañoso entre Suesca y Tunja y nuevamente un tramo plano entre Tunja y Belencito.

Las dos vías vinculan entrañablemente a Boyacá y Cundinamarca; de esas vías dependen las comunicaciones fundamentales en el altiplano. pero muy especialmente, de esas vías dependen las comunicaciones entre Bogotá, capital de la República y la zona industrial de Boyacá, extensa y definida presencia dentro de la economía nacional.

BOYACA

Boyacá es uno de los 23 departamentos en que se divide el país. Esta situado en la parte central del territorio nacional, un poco hacia el norte. Abarca 23,189 km², alberga 1'200.000 habitantes calculados para 1981, su capital es Tunja, cuenta con 120 municipios agrupados en 12 provincias.

Boyacá aparece como centro de dos diagonales nacionales, significativas para el futuro del país; una que recorre el país desde Nariño hasta la Guajira pasando por Boyacá, otra que une al Chocó con los Llanos Orientales y la Amazonía, pasando también por Boyacá; Boyacá puede definirse como "la rosa de los vientos del desarrollo nacional".

El departamento de Boyacá es intensamente diferenciado en sus características, geografía, recursos y producción; se advierte allí una prehistoria incitativa para ser investigada, una historia determinante de nuestra actual realidad, la presencia de un grupo humano hispano-indígena de definida personalidad; conjunto asentado en un territorio agrícola, ganadero, minero, industrial, comercial, turístico y educativo.

En lo histórico-cultural se distingue recia tradición literataria, el urbanismo colonial, la arquitectura correspondiente, visible en joyas arquitectónicas civiles y religiosas, colegios famosos de segunda enseñanza y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, con centro en Tunja y sedes en Sogamoso, Duitama y Chiquinquirá, alma mater de la vida departamental. En lo histórico, Boyacá presenta epicentro de la nacionalidad, formado por los destacados eventos que se produjeron en el suelo con motivo de la lucha de independencia de la España imperial y el nacimiento de la República.

Ha predominado en Boyacá el sector agrícola; ha evolucionado a través de formas minifundistas, se autoabastece en un 60%, participan en un 25.13% en el PIB nacional y en un 45% en el departamental; predominan los cultivos de papa, hortalizas y frutales; han perdido terreno los cultivos de leguminosas, arveja, haba, lenteja y garbanzo, muy tradicionales. Produce notablemente caña de azúcar (91.400 toneladas) sobre datos de 1980, papa (365.000), plátano (31.000), yuca (91.000), trigo (7.800), tabaco (6.500), Maíz (13.500). Café produjo 205.000 sacos de 60 Kg. equivalente al 1.1% de la producción nacional.

Boyacá cuenta con 583.113 hectáreas en pastos; su población vacuna es de 684.677 cabezas, mayoritariamente (428.573) dedicadas a lechería, minoritariamente (256.104) dedicadas a la carne. La producción diaria de leche alcanza a 502.852 Kg.

El ganado ovino llega a 690.338 cabezas, representan 26.5% del volumen nacional, ha crecido en forma constante a razón de 5% anual. El ganado porcino alcanza las 158.836 cabezas, representa 8.5% de la población nacional, número que se ha mantenido más o menos estable a lo largo de los años. Aves de corral se cuenta en número de 1'500.000. Hay que anotar la población cunicula en volumen de 16.197 cabezas, 5.2% de la nacional y las colonias apícolas en número de 12.960 que producen al año 244.150 botellas de miel y 10.900 kg. de cera.

El sector minero ofrece considerables recursos todos básicos para el desarrollo industrial liviano y pesado. El sector está formado por petróleo, carbón, hierro, caliza, roca fosfórica, esmeraldas, yeso, cobre, uranio, plomo, mármol, caolín, cuarzo, arcilla, aguas termo-minerales y otros elementos.

El petróleo se extrae en el territorio Vásquez, la producción (1980) fue de 3'900.000 barriles, equivalentes al 8.6% de la producción nacional. El hierro se encuentra en reservas halladas en los municipios de San Eduardo, Sativanorte, Jerico, San Mateo, Samacá y Guateque. Principalmente se extrae del municipio de Paz del Río, Cuenca del Río Chicamocha, abastecedor de las Acerías de Paz del Río S.A. Las reservas aprovechables en aquella zona se calculan en 80 millones de toneladas, cuya extracción se estima se hará en 35 años. En 1980 se extrajeron 491.000 toneladas de hierro, equivalente al 96% de la producción nacional; se transportan de las minas a la fábrica por medio del ferrocarril eléctrico de 40 Kilómetros de longitud. El carbón se encuentra en tres cuencas: Zipaquirá-Guachetá-Samacá; Tenza, Paipa-Duitama; Umbita, Paz del Río-Cocuy. Las reservas probadas se calculan en 666 millones de toneladas; la producción presenta el 29% de la producción nacional, en 1980 se extrajeron 1'500.000 toneladas, 28.4% de la producción nacional; de esta producción 85% es para consumo interno; el resto salde del departamento. Las calizas se encuentran en Nobsa, Tibasosa, Corrales y Busbanzá; Iza alimenta la industria del cemento. Roca fosfórica se encuentra en el municipio de Pesca, con reservas probadas de 13 millones de toneladas, probables 21 millones, posibles de 51 millones. Se adelantan estudios en otras regiones como Sogamoso, Tunja, Sotaquirá, Guachará con reservas posibles de 410 millones. La empresa "Fosfatos Boyacá" ha tomado a su cargo la prospectación, instalación, montaje y puesta en marcha de la planta para el procesamiento del mineral. Se comenzó a explotar roca fosfórica en 1978; en 1981 la producción llegó a 1.740 toneladas, consumidas dentro del departamento.

El sector industrial asoma con fuerza en Boyacá, fundado en sus poderosos recursos mineros y naturales en general. El departamento clasifica 433 establecimientos industriales, produjeron en 1979, 11.310 millones de pesos. Allá se encuentran las Acerías de Paz del Río, S.A., que generan más de la mitad de la producción industrial del departamento, el parque industrial de Sugamuxi, cementos Paz del Río en Belencito, cementos Boyacá en Nobsa, parque industrial de Duitama, Sofasa donde se ensamblan motores Renault; Indumil que es la industria militar al lado de Sogamoso, electrificadora en Paipa, ladrilleras Maguncia, Siderúrgica de Tuta, Malterías, fábricas de muebles, carrocerías, y cerámica para citar solamente industrias asentadas en el altiplano, relacionadas con el ferrocarril del Nordeste y la carretera central. La gran industria del hierro y el acero es el eje principal alrededor del cual giran pequeñas y medianas industrias.

El turismo es hoy una fuerza económica de nivel mundial; ha significado mucho para países como México y España. La balanza turística colombiana es positiva, y tiene en Boyacá un centro de interés de primer orden en proceso de expansión; la producción turística boyacense por concepto del turismo interno llega al 10 por ciento del total nacional. El departamento posee atractivos naturales, históricos, culturales y recreacionales muy activos para intensificar la industria turística, la cual se identifica con % regiones turísticas principales: la región montañosa suroccidental con centro en Villa de Leyva, la del río Magdalena con centro en Puerto Boyacá, el altiplano central con centros múltiples en Tunja, Paipa, Duitama, Sogamoso y alrededores, y la región montañosa suroccidental con centro en Guateque. En 1980 llegaron a Boyacá 2.816 turistas extranjeros que aportaron US\$ 112.600 y 230.412 turistas nacionales, gastaron \$230.412.

El departamento es rico en energía; aparte del petróleo y el carbón dispone de hidro-energía. Cuenta con 1.166 MW instalados; de ellos 166 MW térmicos y 1.000 MW Hidráulicos, representan la cuarta parte (24.14%0 de la capacidad instalada nacional que alcanza 4.831 MW.

CORREDOR TURISTICO-INDUSTRIAL

Los anteriores datos sobre la realidad boyacense, aparentemente extensos, quieren indicar, como base del presente informe, el extraordinario potencial que presenta el departamento de Boyacá y la importancia que adquiere la idea de desarrollar a fondo su transporte y, dentro de él, la posibilidad de electrificar la línea férrea entre Bogotá y Belencito. La industria boyacense y el turismo departamental, se localizan en línea, en núcleos mas o menos concentrados, sobre el altiplano de hermosa textura y primaveral clima; forman una entidad perceptible que adquiere la forma de un corredor industrial y turístico que se extiende entre Belencito y el Puente de Boyacá pasando por Tunja. Industrialmente el corredor comprenden a Nobsa, Sogamoso, Belencito, Duitama, Pesca, tuta, Tunja; allí se genera el 90% de la producción industrial boyacense. Turísticamente comprende campos históricos como el puente de Boyaca y el Pantano de Vargas, poblaciones de grandes intereses como Monguí, Tópaga, Tibasosa, Paipa, Tunja y otras. Este poderoso complejo industrial y turístico se ha desarrollado al amparo de ventajas geográficas, geológicas y culturales, de recursos naturales y poblacionales representados estos por un grupo humano de muy especiales condiciones espirituales; zona activa que en su fragor impulsa otras actividades, complementarias o nó genera empleo, produce demandas de infraestructura, bienes, servicios vías, transporte, comunicaciones, educación, etc.

El corredor industrial y turístico de Boyacá tiene como eje infraestructural el ferrocarril del Nordeste y la carretera central. El corredor debe mirarse en conjunto, como una región programa, como una entidad regional de desarrollo de primera magnitud dentro del departamento y del país.

CUNDINAMARCA

El departamento de Cundinamarca ocupa la porción central del país: tiene una extensión de 24.210 km². presenta una economía altamente diferenciada, es pujante en agricultura, ganadería, minería, comercio, industria, artesanías, transporte.

En agricultura es el sexto productor nacional de café, con 856.325 sacos de 60 kilos al año, produce también: papa (264.000) toneladas anuales, maíz (79.000), cebada (62.600), algodón (250.000), trigo (15.000), sorgo (12.800), arroz (12.000), avena, caña de azúcar, frijol, fique, ajonjolí, frutas, hortalizas.

En industrias además de Bogotá, son importantes centros manufactureros Soacha, Sibaté, Girardot. Se fabrican alimentos, cervezas, bebidas textiles, productos químicos y cementos. Hay también siderúrgica en el Muña.

La ganadería esta presentada por vacunos (1.240.000) cabezas, ovinos (196.676), porcinos (169.263), caprinos (4.177), aves de corral (8.-33.967).

La minería es abundante; hay carbón en alto grado coquizable, sal, hierro, cobre, plomo, zinc, calizas, roca fosfórica, yeso.

BOGOTA

Bogotá: Ofrece dentro del área del proyecto, el fenómeno demoeconómico más señalado. Una ciudad simultáneamente capital de la república, del departamento de Cundinamarca, Distrito Especial, centro de atracción de todo el ámbito Cundiboyacense. En Bogotá se hacen las grandes decisiones que afectan la fisonomía del país, se le conoce como capital política y sede del gobierno central. Una ciudad que ha crecido insospechadamente al impulso de grandes fenómenos internos de la nación colombiana, concentra 74% de la población del departamento, 20% de la población nacional, 98% de la producción industrial, 90% de lo que se produce en los campos.

Los destinos de Bogotá y Colomiba, con más razón de Bogotá y su región de influencia, estan ciertamente unidos, por vínculos muy estrechos, por dependencias muy concretas en todos los órdenes; social, económico, cultural, financiero, etc.

En estas condiciones, el complejo vial Bogotá-Belencito adquiere una importancia inusitada. No sólo por las incidencias actuales, también por los desarrollos previsibles en el corto y mediano plazo.

CAPITULO II

PRODUCCION DE CARGA

El corredor industrial de Boyacá produce en números gruesos unas 6.700 toneladas diarias de carga para transportar; de esa cantidad, unas 4.000 toneladas corresponden a carga pesada, apta para ser transportada por ferrocarril, el resto, 2.700 toneladas es carga miscelánea, apta para ser transportada en camiones.

Llamamos carga pesada a los minerales, el hierro, el cemento, productos metalúrgicos y otros. Los autores estiman en 4.200 las toneladas diarias necesarias de movilizar para que un ferrocarril eléctrico sea rentable en términos económicos estrictos, independientes de otros factores rentables distintos del económico. Para el año 1985, el corredor industrial estará produciendo 4.349 toneladas diarias para transporte ferroviario y en el año 1990 habrán subido a 5.968 toneladas por día.

Los cálculos de carga han sido ensayados por diversas instituciones en diversos años, con resultados muy variados. El estudio del Dr. Alfredo Muñoz. "Incidencia del transporte en el desarrollo nacional" citado por Rebolledo, Sánchez y Sarmiento, indica que la zona industrial de Boyacá producirá 8.493 toneladas diarias para ser transportadas en 1984 y 14.142 toneladas diarias () en el año 2.000. Así se deduce del cuadro No. 1 del citado estudio, calculado en miles de toneladas al año.

CUADRO No. 1

Zona Industrial de Boyacá Movilización de carga
1984-2000

Producto	Miles de ton/año	
	1984	2000
Carbón	346	800
Madera	27	61
Cebada	33	46
Cemento	2.000	2.600
Hierro-Acero	550	1.300
Productos Metálicos	73	200
Otros Minerales	28	58
Otras manufacturas y otros productos	43	97
Totales	3.100	5.162

Fuente: ALFREDO MUÑOZ

Citado por: REBOLLEDO, SANCHEZ Y SARMIENTO

Un estudio realizado por la electrificadora de Boyacá S. A., proyectado a 1985, arrojó para ese volumen de carga de 4.590 toneladas diarias, con estimaciones por empresas, de acuerdo con el cuadro No. 2.

CUADRO No. 2
Zona Industrial de Boyacá Producción de Carga
1985

EMPRESA	TONELADAS /DIA
Acerías Paz del Río	850
Cementos Boyacá y Caleras de Nobsa	1.200
Cementos Escoria	1.500
Indumil	140
Bavaria y Sofasa	280
Metalúrgica Boyacá	200
Maguncia	280
Metálicas y Caolines	140
TOTAL	4.590

Fuente: ELECTRIFICADORA DE BOYACA S.A.

En todos los casos, hemos calculado en la cuarta parte la carga de compensación, o sea la que debe ser transportada en sentido contrario, es decir de Bogotá a Belencito y estaciones intermedias.

De los diversos cálculos de carga aportados, hemos adoptado para este estudio, el que realizó la Electrificadora de Boyacá S.A., revisado y actualizado en mayo de 1982. El estudio contempla dos momentos: 1985 con una producción de carga en el corredor industrial de 4.349 toneladas diarias y 5.968 toneladas diarias para el año 2.000.

El flujo de carga para transportar por tramos para 1985 se aprecia en el cuadro No. 3. La carga para transportar para el mismo año se aprecia en el cuadro No. 4.

CUADRO No. 3

Tramos	Ton.	Tramos	Ton.
BELENCITO-DUITAMA	384.000	DUITAMA BELENCITO	40.000
Cemento	540.000	Hierro espon	
	<u>924.000</u>		
Productos Terminados de Acero	300.000		
DUITAMA-TUNJA		TUNJA-DUITAMA	
Cemento	924.000	Hierro Espon	40.000
Acero	300.000		<u>41.000</u>
Cerveza	58.400		81.000
Motores	43.800		
Productos Terminados de Acero (Tuta)	71.500		
TUNJA-LA CARO		LA CARO-TUNJA	
Cemento	912.000	Hierro Espon	81.000
Acero	371.500		
Motores	43.800		
LA CARO-BOGOTA		BOGOTA-LA CARO	
Cemento	912.000	Hierro Espon	81.000
Acero	371.500	Piedra Dolom	30.000
Motores	43.800	Fuel Oil	8.400
Carbón	840.000		

Fuente: FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA
ELECTRIFICADORA DE BOYACA S.A.

CUADRO No. 4

Ferrocarril del Nordeste
Toneladas diarias a transportar 1985
Ponderación de la carga potencial en la ruta total

TRAMOS	TONELADAS	TON/KM.	FACTOR PONDERAC	TONELADAS PONDERADAS
Primer Tramo Belencito-Duitama 23 Km. Belencito	1.264.000	29.072.000	0.074	93.536
Segundo Tramo Duitama-Tunja 55 Km. Duitama	1.478.700	81.328.500	0.208	307.569
Tercer Tramo-Tunja-La Caro 149 Km. Tunja	1.408.300	209.836.700	0.538	757.665
Cuarto tramo La Caro-Bogotá 30 Km. La Caro	2.286.700	69.601.000	0.178	407.032
TOTAL TRAMO Belencito-Bogotá	6.437.700	389.838.200		1.565.802

Fuente: FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA
ELECTRIFICADORA DE BOYACA S.A.

$$\text{Toneladas/día} = \frac{1.565.802}{360} = 4.349$$

Los datos correspondientes al año 2.000, se aprecian en los cuadros números 5 y 6 que siguen a continuación.

CUADRO No. 5

Ferrocarril del Nordeste
Flujo de carga a transportar
por tramos, año 1990

TRAMOS	TON	TRAMOS	TON
BELENCITO-DUITAMA		DUITAMA-BELENCITO	
Cemento	615.000	Hierro Esponja	40.000
	810.000		
	1'425.000		
Productos terminados de Acero			
DUITAMA-TUNJA		TUNJA-DUITAMA	
Cemento	1'425.000	Hierro Esponja	40.000
			43.000
			83.000
Acero	380.000		
Cerveza	70.000		
Motores	50.000		
Productos terminados	85.000		
TUNJA-LA CARO		LA CARO-TUNJA	
Cemento	1'405.000	Hierro Esponja	83.000
Motores	50.000		
Acero	465.000		
LA CARO-BOGOTA		BOGOTA-LA CARO	
Cemento	1'405.000	Hierro Esponja	83.000
Motores	50.000	Piedra Dolomita	35.000
Acero	465.000	Fuel Oil	10.000
Carbón	840.000		

Fuente: FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA
ELECTRIFICADORA DE BOYACA S.A.

CUADRO No. 6

Ferrocarril del Nordeste
Toneladas a transportar, año 1990

Ponderación de la carga potencial en la ruta total

TRAMOS	TONELADAS	TON/KM.	FACTOR PONDERAC.	TONELADAS PONDERAC.
Primer Tramo Belencito-Duitama 23 Km. Belencito	1'845.000	42'435.000	0.078	143.910
Segundo tramo Duitama-Tunja 55 Km. Duitama	2'093.000	115'115.000	0.212	443.716
Tercer Tramo Tunja-La Caro 149 Km. Tunja	2'003.000	298'447.000	0.550	1'101.650
Cuarto Tramo La Caro-Bogotá 30 Km. La Caro	2'888.000	86'640.000	0.159	459.192
Total del Tramo Belencito-Bogotá	8'829.000	542.637.000		2'148.468

Fuente; FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA
ELECTRIFICADORA DE BOYACA S.A.

Toneladas diarias a transportar en 1990: $\frac{2.148.468}{360} = 5.968$ aproximadamente 6.000

Resumen:

Según los cálculos más cautelosos realizados por los Ferrocarriles Nacionales de Colombia y la Electrificadora de Boyacá S.A. contenidos en los cuadros 3 a 6 arriba presentados, el corredor industrial de Boyacá estará produciendo 4.349 toneladas de carga diaria para ser transportada por ferrocarril y 5.968 toneladas diarias en el año de 1990.

CAPITULO III

ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE

Carga y pasajeros se movilizan en Colombia en todos los medios de transporte, desde la modesta mula hasta el refinado avión propulsado por turbinas. En ese variado panorama, el transporte automotor ha tomado inusitado avance; el ferrocarrilero ha retrocedido más allá de toda medida razonable.

Las alternativas de transporte entre Bogotá y Belencito se contraen severamente a dos medios básicos: carretera y ferrocarril. son la materia del presente estudio.

Siguiendo el principio capital que nos hemos trazado desde el principio, estudiaremos la posibilidad de electrificar el ferrocarril del Nordeste, no como una alternativa al transporte por carretera, sino como una complementación creativa y útil para la vida regional y la vida nacional. Este enfoque otorga plena objetividad a nuestra indagación.

La carga a movilizar entre Belencito y Bogotá, y viceversa, puede transportarse exclusivamente por carretera, como prácticamente esta sucediendo hoy, exclusivamente por ferrocarril, o por una combinación eficiente de los dos medios.

La solución por medio de la carretera exclusivamente plantea su ensanche, sea ampliando la carretera existente en la medida en que sea necesario o construyendo una vía complementaria que le aumente su actual capacidad al doble.

La solución por medio del ferrocarril, no como sustituto de la carretera sino como complemento de ella, plantea la posibilidad de utilizar un tren movido por locomotoras de vapor, diesel, o electrificadas. Y en cualquier caso plantea el tema del ancho de la trocha de la carrilera, de una yarda llamada trocha angosta o colonial, como es en la actualidad, con 914 milímetros de ancho, a la trocha normal "standard 66 sw 1.435 milímetros de ancho.

Todos los estudios consultados, sin excepción, indican de manera clara y terminante que en ferrocarriles la tracción a vapor es la más costosa, de menor rendimiento y más engorrosa. Implica considerable desperdicio de energía; en la práctica su rendimiento energético es aproximadamente la décima parte del propio de la tracción eléctrica y la cuarta parte del correspondiente a la tracción con máquinas diesel.

Las máquinas de vapor tienen, por su naturaleza, un lastre; arrastran adicionalmente por lo menos un vagón lleno de carbón y el agua para producir el vapor, con lo cual disminuye la capacidad de transportar carga útil. El carbón que se usa en la combustión debe ser de primera calidad, de alto poder calorífico, lo que implica precios altos a la vez que desperdicio de energía, pues estos carbones y otros de menor poder calorífico pueden emplearse con mayor eficiencia en centrales térmicas para producir energía eléctrica. El carbón crea problemas de contaminación ambiental, partículas volátiles ponen en peligro los ojos de los funcionarios y los pasajeros, la combustión y el humo crean polución ambiental y peligros de incendio a los lados de las vías por las chispas que se escapán. El tren con máquina a vapor es limitado en potencia, requiere más máquinas para transportar la misma carga en el mismo tiempo que si se tratará de máquinas accionadas con motores diesel o electrificadas. La locomotora de vapor tiene un servicio real de 10.5 horas diarias; el tiempo restante se va en operaciones de servicio, apagado, encendido, preparación, vaciado, limpieza, etc. Desde hace años los ferrocarriles

nacionales de Colombia sustituyeron en su totalidad las antiguas locomotoras de carbón por las de tracción diesel y unificaron el ancho de la trocha a una yarda en todo el territorio nacional.

Las anteriores razones nos han llevado a eliminar del presente estudio, la presentación de datos relativos al sistema de vapor. Nos parece que carecen de utilidad práctica en la época presente y más aún en el futuro. Las locomotoras de vapor mantienen su vigencia sentimental de una época que ya pasó, aportan recuerdos, son expresión de la historia de nuestros ferrocarriles; queda la posibilidad lateral de que estas máquinas se usen limitadamente en faenas complementarias muy restringidas, como lo hace el ferrocarril de Acerías de Paz del Río. Sobre tales terminos, las comparaciones de sistema de transporte las haremos, en lo que a ferrocarriles se refiere, entre dos modalidades únicamente: diesel y electrificado.

El problema del ancho de la trocha tiene incidencias de orden nacional e internacional.

En el orden internacional debemos considerar que máquinas y vagones se constituyen en los países industriales para trocha de ancho normal o "standar" de 1.435 milímetros; para trochas angostas los pedidos deben hacerse de manera especial, con especificaciones diferentes lo cual crea aumentos en el costo de las máquinas.

La trocha angosta o de yarda de 914 milímetros es la adoptada desde hace años por el gobierno nacional. Toda nuestra red ferrocarrilera está adaptada a este ancho común; se ha juzgado que en un país de montaña es la más deseable por la economía que representa en la construcción de la vía; tiene severas limitaciones en la capacidad de carga, en la velocidad, en la seguridad, pero así lo decidió en su momento el gobierno nacional en las conversaciones sostenidas durante la elaboración del presente estudio, fue notoria la inclinación de los técnicos por recomendar la reconstrucción de los ferrocarriles de Colombia con base en la trocha universal o "standar", las razones aducidas son todas de peso y apuntan a la mejor conveniencia del desarrollo ferrocarrilero. Y es la recomendación que se acoge en este estudio.

Comprendemos sin embargo, las razones para mantener la trocha angosta con los argumentos dados por altas autoridades ferrocarrileras, los principales argumentos se refieren a costos de transformación de un sistema en otro y a que, la trocha angosta tiene capacidad para mover la carga prevista en Colombia hasta el año 2.000. Razones todas que nos llevan a enfrentar este estudio del ferrocarril Bogotá-Belencito con la trocha angosta y dejar, como debe ser, la decisión alternativa final de ensanchar las trochas, a las autoridades competentes, con larga experiencia en la materia, los Ferrocarriles Nacionales de Colombia la primera de todas.

Este estudio de factibilidad se contrae, por tanto a dos grandes temas: el estudio de la carretera Bogotá-Belencito, el del ferrocarril paralelo llamado del Nordeste; y el estudio del ferrocarril hará las comparaciones pertinentes entre la tracción diesel y la tracción eléctrica; respetará para los cálculos la trocha de yarda y deja en manos de las autoridades competentes su recomendación de ampliar la trocha al tamaño "standar", recomendándolo como el más aconsejable.

CAPITULO IV

LA CARRETERA BOGOTA-BELENCITÓ

La carretera entre Bogotá y Belencito corre por el altiplano Cundinamarqués-boyacense una longitud de 234 km. Más de la mitad de la vía se encuentra en el terreno plano sobre la sabana de Bogotá y la altiplanicie de Chocontá; desde Villapinzón ocupa terreno ondulado y montañoso, al final corre nuevamente sobre terreno plano en el Valle Sogamoso.

El presente estudio se contrae a 189.2 km. comprendidos entre el kilómetro 22,800 correspondiente a la Caro y el kilómetro 212 correspondiente a Belencito. Se descartó el tramo La Caro-Bogotá por tratarse de un viaducto de cuatro carriles solamente se tomaría en cuenta con fines de conservación.

La carretera se estudia con el criterio de atender el movimiento total de carga Bogotá-Belencito, únicamente con transporte automotor. Comprende las características físicas de la vía, tránsito que soporta, capacidad de la vía saturación, peligrosidad y accidentalidad, costi del transporte de carga, costo de ensanche de la carretera. Al final del capítulo se exponen someras conclusiones.

Este capítulo fue elaborado con base en una monografía de la Electrificadora de Boyacá S.A., basada en diversos estudios hechos por autoridades en la materia entre ellas, el ministerio de Obras Públicas y Transporte, MOPT, Intra, Ingenieros Cárdenas, Sánchez y Correa de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Gómez Cajiao y Asociados. Los criterios adoptados siguen en general las normas de diseño prescritas por el Instituto Norteamericano del Asfalto.

CARACTERISTICAS DE LA VIA

La carretera La Caro-Belencito es de una calzada de doble vía. La calzada es dispar, su ancho no es constante en todo el recorrido, varía entre 7.2 y 7.7 m, con predominio de ancho de 7.6 m. Hay tramos en los cuales el ancho del carril es de 3.65 mínimo aceptado por el Manual de Capacidad de autopistas (HCN). para carretera de tan alto volumen de tránsito pesado es un ancho insuficiente.

Las bermas, igual que la calzada, tampoco son de ancho constante. A veces no existen y obligan a los vehículos a apartarse de la orilla del pavimento con lo cual invaden el otro carril, o a estacionarse dentro del carril, o cuando están descompuestos con los consiguientes perjuicios para la capacidad de la vía y el peligro para los transeúntes.

Estudios hechos por el laboratorio central del MOPT en los años 1958-59 revelan que los espesores totales del pavimento están comprendidos entre 30 y 80 cm. para CBR de 10 y nulos, con espesor promedio del concreto asfalto de recubrimiento de 10 cm. Estudios más recientes hechos en 1974 entre Chocontá y Belencito, muestran para la carretera las características físicas contenidas en el cuadro No. 1.

La carretera está en general en avanzado estado de deterioro, más de carácter superficial que estructural. El deterioro alude mayormente, en efecto, a la carpeta asfáltica que ha debido ser recuperada hace unos 6 o 7 años y no se hizo oportunamente.

La carretera presenta evidentes y notorios defectos de trazado y diseño, visibles en curvas, peraltes, pendientes, anchos de carril, bermas, etc.; violan principios básicos de ingeniería tanto de vías como automotriz. Las curvas de la vía son de radios

inferiores a 100 m., razón por la cual el carril resulta insuficiente: los vehículos tienden a salirse al tomar las curvas, con lo cual ocupan inevitablemente ambos carriles, derecho e izquierdo; obstruyen así la vía y se convierten en permanente peligro, causa de accidentes. Súmese a lo anterior las curvas sin visibilidad y sin peralte adecuado y se tiene un cuadro de ineficacia de la vía y de peligrosidad.

Hay pendientes excesivas, de más del 6%, antitécnicas y antifuncionales para una carretera de tráfico pesado; inconvenientes para vehículos que ascienden en razón del sobre-esfuerzo específico que deben realizar: el motor, la transmisión y la caja; y desventajoso para vehículos que descienden por las tensiones y torciones a que se ven sometidas las llantas delanteras, el tren delantero y, mue especialmente, los frenos. Son tramos pendientes donde a los vehículos se les rompen los ejes, el sistema de dirección o los frenos, debido a que son partes que no están calculadas para soportar tensiones y torciones de la magnitud de las que ocasionan descensos de esta naturaleza; daños y accidentes son patentes.

La vía no cumple las normas mínimas de la HCM en cuanto a muros de contención, pilastras de puentes, vehículos estacionados, muros, postes, árboles, etc. Hay obstáculos a menos de 1,80 m. de la orilla del carril de tránsito, otro factor que reduce el ancho efectivo del carril y le resta capacidad.

En algunos sectores, el terreno no fué adecuadamente nivelado: se dejaron partes de 20 y 30 m. de largo que implican cambios de rasante, como en el sector aldeaño a Puente Boyacá, lo cual se traduce en deterioro continuo de la vía, derrumbes sobre la calzada, deterioro de los peraltes, etc.

En la actualidad se hacen evidentes esfuerzos para arreglar la superficie de rodamiento de la carretera. Las medidas adoptadas sin embargo, no permiten ser del todo optimistas acerca de la calidad final de los trabajos. Es probable, por el contrario, que en los próximos años la superficie de rodamiento sufra severo deterioro, con la natural repercusión en los niveles de servicio, velocidad, comodidad, economía y seguridad de la vía. Así lo permite predecir los diseños de espesores de acuerdo con los nuevos volúmenes de tránsito. Algunos tramos de la vía Paipa-Tunja recientemente mejorados, presentan en corto tiempo sensibles deterioros.

A lo largo de toda la vía es notoria la ausencia de señalización del tránsito, tanto preventiva como reglamentaria e informativa; las pocas señales existentes están totalmente deterioradas a tal punto que no presentan beneficio alguno.

La vigilancia de la carretera es prácticamente inexistente, no hay control. Por este hecho las empresas de transporte pesados se ven libres para violar impunemente las leyes de tránsito. Así llevan cargas excesivas en los vehículos, operan en pésimas condiciones de mantenimiento, etc. Como consecuencia de la falta de vigilancia se presentan en la vía obstáculos como piedras palos y otros objetos que hacen peligroso el tránsito.

La carretera, en resumen, presenta estado físico insatisfactorio, deficientes condiciones técnicas, factores variados que reducen la capacidad en la vía y la convierten en elemento activo para la producción de accidentes.

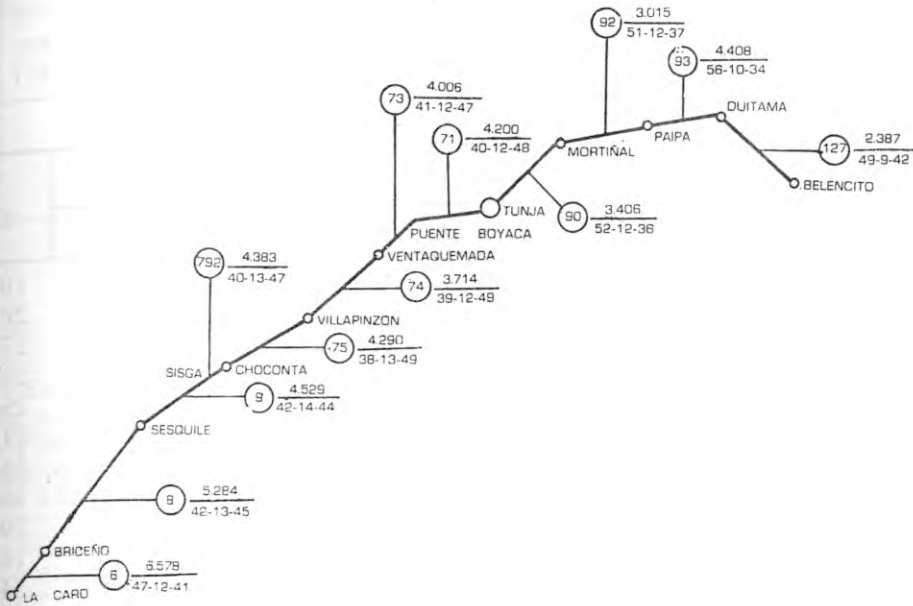
VOLUMEN DE TRANSITO

La carretera Bogotá-Belencito es de intenso tráfico, liviano y pesado. La medición la ha hecho el MOPT en diversos años. Para ello sectorizó la carrera en 13 tramos entre Bogotá y Belencito, de los cuales destacamos los 12 tramos comprendidos entre la Caro y Belencito como lo muestra el gráfico No. 1.

CUADRO No.1 CARRETERA LA CARO-BELENCCITO TRAMO CHOCONTA-BELENCCITO
1974

TRAMO	C.B.R. Sub-ransante:	Estructura Pavimento existente		(II) Espesor Pavimento contra to vigente (cm)	(I)+(II) Espesor Total pavimento (cm)	Ancho de calzada M	Ancho de bermas M
		Esesor Sub-base (cm)	espesor (I) pavimento total (cm)				
Choconta-Tunja K-119-K137	4-18	65	14	5	19	7.60	1.50
Tunja-Duitama K 141+300 a K143+350	18	40-30	5	5	10	7.90	1.00
K 143+350 a K 152	2-8	45	5	17.5	22.5	7.40	1.00
K 152-K-156	12	60	5	10	15	7.20	1.00
K 156- K-161	2	65	5	10	15	7.40	1.00
K 161 - K177+500	2	65	4	10	14	7.40	1.00
K 177+500 a K185+500	12	50	5	10	15	7.20	1.00
K 185+500 a K193+000	6	65	9	5	14	7.20	1.00
Duitama-Belencito K-O a K-4	6	55	6	7.5	13.5	7.20	1.00
K-4 a K-12	4	45	10	5	15	7.20	1.00
K-12 a K-18+600	4	50	6	7.5	13.5	7.20	1.00

Fuente: Gómez y Cajiao, asociados



El gráfico muestra el flujo de vehículos diarios en cada puesto de conteo. Observamos un flujo diario de 6.578 vehículos entre La Caro y Briceño, flujo que disminuye gradualmente hasta llegar a 2.387 vehículos diarios entre Duitama y Belencito, datos de 1980.

El tráfico en la carretera ha sido notablemente creciente. Las variaciones en los 5 años comprendidos entre 1976 y 1980 señalan aumentos entre el 34,8% el mayor de todos, registrado en la Estación 73 entre Ventaquemada y Puente Boyacá y del 10.7% como registra la Estación No. 6 entre La Caro y Briceño, según lo muestra el cuadro No. 2:

Carretera La Caro-Belencito volumen de tránsito 1976-1980

Estación No.	1976	1977	1978	1979	1980	%
	IX-15-21	X-5-11	VII-30-IX-5	IX-27-X-3	IX-24-30	
6	5941	5589	5926	7332	6578	10.7
8	4119	4540	4743	4823	5283	28.2
9	3564	3617	4055	4257	4529	27.0
792	E	3293	3733	3879	4383	33.1
75	3301	F	F	3988	4290	29.9
74	3055	3294	3395	3657	3714	21.5
73	2970	3156	3400	3775	4006	34.8
71	348	3108	3519	3611	4200	25.4
90	2627	2871	2777	3099	3406	29.6
92	2599	2559	2759	2866	3015	16.0
93	3287	3441	3507	3663	4408	34.1
127	2019	2022	2480	2280	2387	18.2

(E) Hasta la fecha no se realizaba conteo
(F) Paso A, o rebo de distrito diferente

Fuente MOPT

El tránsito predominante en la carretera es de autos, con un 45,73%, seguido por camiones, 40,77% y Buses 13.5% según se observa en el Cuadro No. 3:

Carretera la Caro-Belencito tránsito de vehículos promedio TPD 1979-1980

Estación No.	Lugar	T.P.D.	%A %B %C			T.P.D.	%A %B %C		
			1979				1980		
8	Briceño-Sesquilé	4.823	39	15	46	5.284	42	13	45
9	Sesquilé-Sisga	4.257	40	14	46	4.529	42	14	44
75	Chocontá-Villapinzón	3.988	39	14	47	4.290	38	13	49
74	Villapinzón-Ventaq.	3.657	37	14	49	3.714	39	12	49
73	Ventaq.-Puente Boyacá	3.775	37	14	49	4.006	41	12	47
71	Puente Boyacá-Tunja	3.611	37	14	49	4.200	40	12	48

90	Tunja-Mortiñal	3.099	47	14	43	3.015	51	12	36
92	Mortiñal-Paipa	2.866	44	13	43	3.015	51	12	37
93	Paipa-Duitama	3.663	50	11	39	4.408	56	10	34
128	Duitama-Sogamoso	3.039	59	14	27	3.596	59	10	31
129	Sogamoso-Belencio	3.951	58	21	21	4.989	59	19	22
		40.729	437	158	455.	45.437	519	139	442.
Promedio		3.702.6	44,3.	14,4	41,1	4,130	47,2	12,6	40,2
%Aumento		6.60				11.56			

Fuente: MOPT

SATURACION DE LA VIA

En líneas generales la carretera La Caro-Belencito estará saturada para 1985. Así lo demuestra las proyecciones del MOPT entre 1981 y 1985, a partir de las mediciones hechas en las estaciones de control ya señaladas. El cuadro No. 4 indica que para 1985, 7 de 11 tramos proyectados tendrán un volumen de tráfico superior a los 5.000 vehículos diarios; el resto estará próximo a esa cifra.

CARRETERA LA CARO-BELENCITO PROYECCION DE TRANSITO

1981- 1985

Estación No.	Lugar	1981	1982	1983	1984	1985
8	Briceño-Sesquilé	5.395	5.617	5.840	6.062	6.285
9	Sesquilé-Sisga	4.718	4.950	5.183	5.415	5.647
75	Chocontá-Villapinzón	4.396	4.625	4854	5.033	5311
74	Villapinzón-Ventaq.	3.961	4.143	4.326	4.508	4.691
73	Ventaq.-Puente Boy.	4.209	4.453	4.697	4.941	5.184
71	Puente Boyacá-Tunja	4.175	4.456	4.616	4.910	5.636
90	Tunja-Mortiñal	3.453	3.614	3.776	3.938	4.100
92	Mortiñal-Paipa	3.069	3.171	3.272	3.374	4.475
93	Paipa-Duitama	4.295	4.497	4.698	4.900	5.101
128	Duitama-Sogamoso	3.725	4.020	4.315	4.610	4.905
129	Sogamoso-Belencito	4.841	5.119	5.378	5.676	5.954
		46.257	48.624	50.975	53.333	56.689
Promedio		4.205	4.420	4.634	4.818	5.153
% Aumento		1,79	5,11	4,84	4,62	6,29

Fuente: MOPT

En tramos particulares, la vía La Caro-Belencito arroja pronósticos que señalan que para 1982 está próximo al flujo inestable de tráfico con velocidades de operación tolerables pero afectadas por situaciones que producen restricciones temporales, reducciones de velocidad y de operación, poca libertad de maniobra. Para 1983 los volúmenes de tráfico se acercarán al límite de la capacidad del tramo, creando inestabilidad, incluso posibles paradas momentáneas. Con los dos carriles actuales, la vía se comporta como lo muestra el Cuadro No. 5:

Carretera La Caro-Belencito, saturación de la actual vía de dos carriles.

Sector	Distancia	TPDS	Autos %	Buses %	Camiones %	Año de saturación 2C
La Caro-Chocontá	52	5.246	43	13	44	1982
Chocontá-Tunja	64	4.007	40	12	48	1985
Tunja-Paipa	40	3.161	52	12	36	1987
Paipa-Duitama	15	4.408	56	10	34	1983
Duitama-Belencito	17	2.387	49	9	42	1990

Fuente: MOPT

De acuerdo con los criterios y requerimientos dados por el MOPT, para mejoramiento de carreteras existentes, la carretera La Caro-Belencito pertenece al grupo TP-6, índice de clasificación 65 que nos indica una carretera de tránsito pesado, con más de 5.000 vehículos por día en terreno ondulado. Para este tipo de carretera se requiere una capacidad doble de la actual, es decir una carretera de dos calzadas con dos carriles cada una, con ancho mínimo de 7 metros por calzada en cada sentido. Solo así la vía podrá ofrecer un nivel de servicio aceptable dentro de las condiciones de operación más razonables.

CAPACIDAD DE LA VIA

El estudio de la capacidad de la vía sirve para determinar el servicio que presta y el período en que rebasará un determinado nivel de eficiencia. El estudio aporta las condiciones de operación existentes en la vía, la calidad del servicio que presta, el flujo que admite, los sitios críticos que presenta, etc.

Para medir la calidad del flujo de la vía se usa el concepto de "nivel de servicio". El nivel de servicio está en relación con la calidad del mismo. Esta afectado por factores internos y externos. Internos tales como el volumen de tránsito y sus variaciones, la composición del tránsito, la velocidad de los vehículos, etc. Externos tales como características físicas de la vía, ancho de carriles, ancho de bermas, distancia a obstáculos laterales, alineamientos horizontales y verticales, etc.

Puntos críticos de la vía son las pendientes o ascensos. Esos tramos dificultan el tránsito porque hacen disminuir la velocidad de los vehículos sobre todo los camiones de carga, los cuales con su lentitud en la pendiente entorpecen el tráfico y obstaculizan el paso de vehículos más rápidos como son, por ejemplo: los automóviles. Las cuestas crean verdaderos "cuellos de botella" en las carreteras,

normalmente exigen la construcción de tramos laterales para que por ellos circulen exclusivamente los camiones con sus velocidades lentas.

La carretera La Caro-Belencita presenta 24 tramos que exigen consideración comprendidos entre los kilómetros 25 y 208 con longitud total de 58.700 m. en las condiciones que muestra el cuadro No. 5.

El nivel del servicio de las vías se clasifica entre "B" y "E". El nivel "B" el más alto, el nivel "E" el más bajo.

El manual de capacidad de autopistas de los Estados Unidos (H.C.M.) recomienda que las vías interurbanas sean diseñadas para trabajar durante su vida útil a un nivel de servicio "B" máximo. Teniendo en cuenta las condiciones propias de nuestro medio se justifica adoptar un nivel de servicio un poco más bajo, correspondiente por ejemplo a un nivel "C".

El cuadro No. 7 muestra tramos y subtramos críticos de la carretera, comprendidos entre los kilómetros 57.500 y 165.800. Se determinaron 7 tramos y 15 subtramos críticos en los cuales las pendientes oscilan entre 5,5 y 10% a ellos llegan vehículos con una velocidad de entrada (máxima) de 68.48 k.p.h. y salen a una velocidad (mínima) de 18.92 k.p.h. La longitud de los tramos y subtramos estudiados es de 42.100 m. con 4.247 m. de longitud crítica y arroja niveles de servicios predominantes tipo "D" en 6 tramos y tipo "E" en 10 tramos.

Carretera La Caro-Belencito, condiciones físicas y operacionales de la vía.

Tramo	Longitud m.	Pendiente %	Tipos de sección	Obstrucción lateral	Distancia de parada	visibilidad rebase	Velocidad promedio ponderada	Volumen demanda (PH)
La Caro-Tunja (1980)								
K25+00	3.000	0,2	A	1,50	120	425	73	250
K47+00	3.000	0,2	A	1,60	120	425	72	250
K57+500	6.000	4,5	B-C	1,80	60	290	49	266
K63+500	3.500	4,9	C-B	1,70	80	345	58	246
K67+00	2.600	3,0	A	1,80	70	300	57	246
K94+800	1.900	3,0	A	1,80	70	320	54	204
K99+500	1.500	6,5	A'C'B	1,80	70	315	53	233
K101+00	3.400	3,5	A	1,80	90	365	62	232
K104-800	4.500	4,5	A-B-C	1,70	60	270	46	252
K105+100	2.700	3,5	C-A	1,80	90	360	49	245
K109+800	2.000	5,3	C-A-B	1,80	40	220	49	245
K112+500	4.000	4,0	A-C	1,70	80	330	56	254
K120+00	3.000	4,5	B-C	1,50	60	300	50	254
K124+00	2.000	3,8	B-A-C	1,50	80	360	60	226
K131+00	1.700	3,3	C-B	1,80	80	350	59	268
K134+00	2.500	4,0	C	1,50	80	340	58	358
Tunja-Belencito (1981)								
K143+00	3.200	6,00	A-B-C	1,80	60	280	47	317
K145+500	1.300	6,4	B-C	1,50	90	365	62	305
K152+800	1.700	5,6	A	1,70	80	340	58	299
K158+00	700	6,0	A-B	1,80	90	360	61	301
K159+300	1.500	6,0	A-B	1,80	80	335	57	329
K165+800	1.000	1,5	A	1,50	100	400	67	386
K168+00	1.000	7,0	A	1,20	110	420	71	262
K179+00	1.000	1,0	A	1,20	110	420	71	262
K180+00	1.000	1,0	A	1,20	110	420	71	262
K192+00	1.000	1,0	A	1,20	110	420	71	262
K207+00	1.000	1,0	A	1,20	110	420	71	262

58.700

Fuente: MOPT

Cuadro No. 7- CARRETERA LA CARO-BELENCITO
 TABLA LONGITUDES CRITICAS Y NIVELES DE SERVICIO

Tramos y Subtramos		Longi- tud.	Pend. %	Vel. prom. entrada	Pond salida	Reducción velocidad	Long. crítica	Nivel de servicio
K57+500	-K63+500	6.000	9,3	49,72	21,00	28,72	110	E
K63+500	-K67+00	3.500	6,0	63,48	34,24	29,24	426	D
K67+700	-K70+300	2.600	10,0	54,40	22,80	31,52	80	C
K99+500	-K101+00	1.500	6,5	55,96	25,36	30,50	155	E
K101+400	-K104+800	3.400	9,2	64,52	37,04	27,48	355	D
K105+100	-K109+600	4.500	10,0	51,80	20,36	31,44	100	E
K109+800	-K114+500							
Subtramos								
K109+800	-K112+500	2.700	8,0	68,48	35,28	33,20	260	D
K112+500	-K114+500	2.000	-	35,28	18,92	16,36	-	E
K120+00	-K124+00	4.000	8,0	60,60	29,40	31,20	215	D
K124+00	-K127+00	3.000	10,0	55,60	20,40	35,20	150	E
K131+00	-K133+00	2.000	6,5	65,04	39,92	25,12	445	D
K133+00	-K134+700	1.700	7,8	57,08	31,04	26,04	218	C
K152+800	-K156+00							
Subtramos								
K152+800	-K153+700	900	6,0	41,64	20,00	21,64	250	E
K154+100	-K155+00	900	6,0	61,00	20,52	40,48	220	E
K158+00	-K161+00							
Subtramos								
K158+500	-K159+300	800	6,4	68,44	29,32	39,12	280	E
K159+300	-K160+200	900	5,8	58,60	24,48	34,12	290	E
K165+800	-K168+00							
Subtramos								
K165+800	-K166+500	700	6,0	62,56	31,60	30,92	193	E
K66+500	-K167+500	1.000	5,5	53,88	25,16	28,72	500	D
							42,100	4.247

Fuente: MOPT

El cuadro No. 8 muestra 12 tramos de la carretera con pendientes y niveles de servicio "D" y "E" con 32.043 m. de longitud que en un arreglo de fondo de la carretera deberían llevarse a un nivel "C" de servicio con la construcción de un tramo paralelo para el uso de camiones que ascienden.

Cuadro No. 8 LA CARO-BELENCITO
TRAMOS QUE EXIGEN CARRILES DE ASCENSO

TRAMO		Carril de comienza	Ascenso Termina	Longitud m.	Nivel de serv. actual
K57+800	-K63+500	K57+860	K63+560	5.700	E
K63+500	-K67+00	K63+440	K66+624	3.184	D
K101+400	-K104+800	K104+860	K101+700	3.155	D
K99+500	-K101	K99+440	K100+895	1.455	E
K105+100	-K109+600	K105+400	K109+550	4.510	E
K109+800	-K112+500	K110+00	K112+550	2.550	D
K120+00	-K124+00	K119+940	K124+835	3.895	D
K124+00	-K1227+00	K124+100	K127+060	2.960	E
K131+00	-K133+00	K131+395	K133+060	1.655	D
K152+800	-K155+00	K152+740	K154+850	2.110	E
K165+800	-K166+500	K165+950	K166+560	610	E
K166+500	-K167+500	K166+440	K166+950	610	D

Fuente: OMPT

Las tablas anteriores muestran que en la mayoría de los tramos en pendiente la carretera está operando con un nivel de servicio bajo "D" y "E", lo cual ratifica lo que ya vimos: que la demanda está alcanzando y saturando la capacidad de la vía.

Se determinó, en efecto que, los diferentes tramos alcanzan un nivel de servicio "E" en los siguientes años: Tunja-Mortiñal en 1981, Mortiñal-Paipa en 1982, Paipa-Duitama en 1983, Duitama-Belencito en 1984.

Los diversos análisis confluyen en la misma conclusión: la necesidad de disponer desde ya el ensanche de la carretera en cuestión.

ACCIDENTALIDAD Y PELIGROSIDAD DE LA VIA

Los factores que originan accidentes en una carretera son muchos y muy variados. Se pueden agrupar en 3 grandes causas: 1. Humanas como analfabetismo, embriaguez, inaptitud física, imprudencia, etc. 2. Mecánica, referidas a los vehículos, su estado, frecuencia de revisión, frenos, dirección, luces, etc. 3. Viales, relacionadas con el diseño, construcción y conservación de las vías.

El presente estudio se contrae el aspecto vial por ser el que más gravita sobre la accidentalidad, de acuerdo con las condiciones concretas de la carretera Bogotá-Belencito. Una persona puede conducir un vehículo en excelentes condiciones de funcionamiento y servicio y ser eficiente conductora; pero estará inevitablemente

amenazada de sufrir accidentes debido al mal diseño de la vía, a su mal trazado, a defectos físicos, a su escasa conservación, caso en el cual la carretera deja de ser elemento pasivo en el accidente de tránsito para convertirse en elemento activo, determinante del mismo.

El estado de la carretera Bogotá-Belencito influye en parte sustancial en los accidentes de tránsito. Datos estadísticos recogidos en 1978, los más recientes de que disponemos así lo demuestran. Hay que hacer la aclaración de que de aquel año a hoy, la accidentalidad ha aumentado, debido al aumento de vehículos y al mayor deterioro de la carretera.

En 1978 se registraron en la carretera 335 accidentes de tránsito. Como consecuencia hubo 83 muertos y 241 personas lesionadas. Arroja como resultado, un accidente cada 1,97 km. un muerto cada 2,06 km. un herido cada 0.71 km. Son valores alarmantes.

Investigaciones realizadas en la Universidad del Cauca indican, en términos nacionales, en el año 1977, un muerto cada 5,9 km.

Los vehículos que más accidentes producen en la vía son los camiones con un 28.5% seguidos por los automóviles con un 22.2% como se aprecia en el gráfico No. 2. Más de la mitad de los vehículos los producen vehículos particulares, como se aprecia en el gráfico No. 3

Gráfico No. 2 CARRETERA BOGOTA-BELENCITO
ACCIDENTALIDAD SEGUN VEHICULOS 1978

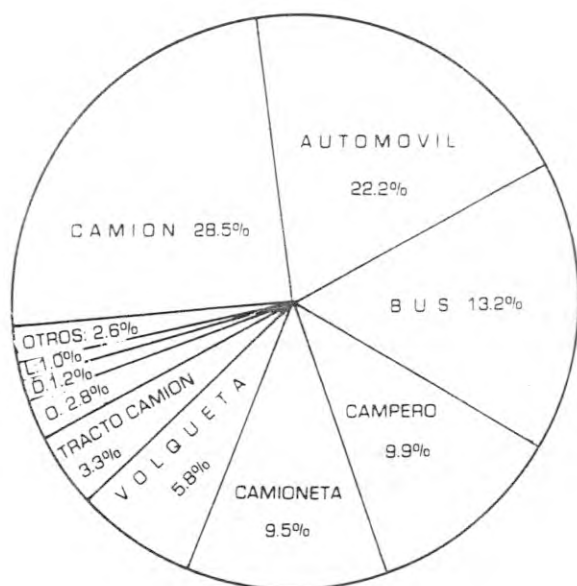
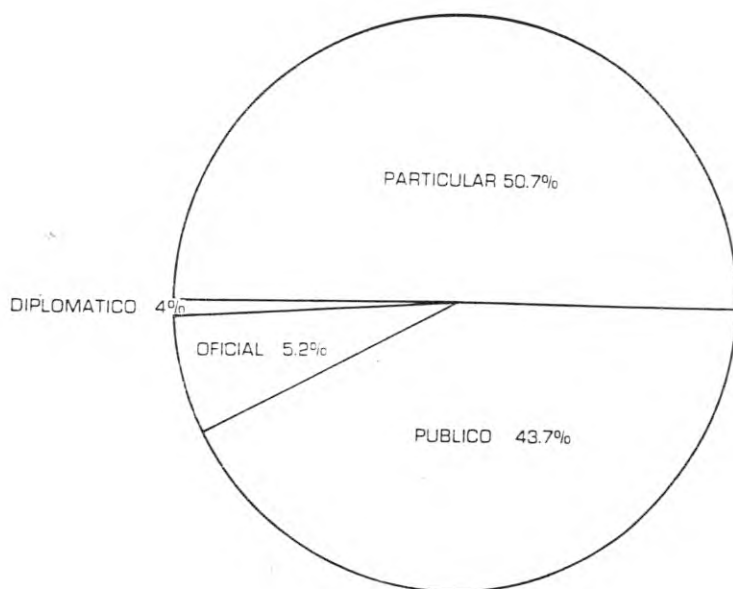


Gráfico No. 3 CARRETERA BOGOTA-BELENCITO
Accidentalidad según servicio público o privado 1978



El valor de las pérdidas por accidentes incluye, además de pérdidas materiales, hospitalización de heridos, sepelio de muertos, incapacidad temporal y permanente de supervivientes, lucro cesante, salarios dejados de ganar y otros.

Las solas pérdidas materiales ascienden en la carretera estudiada a \$90.000 pesos por accidente, lo cual arroja pérdidas totales por año de 30 millones de pesos.

Los índices de peligrosidad, (IP) según los tramos determinados por el coteno de volumen de tránsito, arrojan los siguientes valores:

Cuadro No. 10 CARRETERA LA CARO-BELENCITO
Indice de Peligrosidad

Tramo Estudiado	Indice de Peligrosidad
Ventaquemada-Puente de Boyacá	751
Paipa-Duitama	570
Tunja-Mortiñal	407
Mortiñal-Paipa	330
Duitama-Sogamoso	271
Puente de Boyacá-Tunja	227
Villapinzón-Ventaquemada	173

Estos valores dan un índice de peligrosidad bastante elevado comparados con los obtenidos por la Universidad del Cauca en su estudio nacional, el cual dió un valor de 716 para el tramo Villavicencio-Acacias, el más alto en Colombia según ese estudio. Especialmente crítico es el tramo Ventaquemada-Puente de Boyacá en un índice de peligrosidad de 751.

CONTAMINACION

A medida que aumenta la población, aumentan los servicios y la densificación de factores que afectan el medio ambiente. El ruido, el agotamiento de recursos renovables y no renovables, el envenenamiento del aire, son consecuencias visibles de esa progresión, al parecer inevitable.

La contaminación del aire tiene efectos nocivos muy ampliamente comprobados el efecto es notable en edificios, monumentos históricos, obras de arte. Por causa de la contaminación ambiental se reduce la visibilidad en las carreteras, lo cual constituye riesgos ciertos en el transporte.

En calles y carreteras, la contaminación ambiental proviene del producto de la combustión en los motores, sean de gasolina o diesel. Junto con el humo y las partículas que porta, son los más altos factores contaminantes.

El cuadro No. 11 muestra los elementos contaminantes de los motores de explosión, diesel y de gasolina.

Cuadro No. 11 CONTAMINACION COMPARADA

Motores Diesel y Gasolina -Emisión de Automotores- Libras por cada 100 galones de Combustibles

Tipo de Emisión	Motor Diesel	Motor de Gasolina
Monóxido de Carbono (CO)	60	2.300
Aldehidos (HcHo)	10	4
Hidrocarburos	136	200
Oxido de Nitrógeno	222	113
Oxido de Azufre	40	9
Acidos Orgánicos	31	4
Partículas (humos)	110	12

Los motores de gasolina son más dañinos que los diesel, presentan alta producción de Monóxido de Carbono.

El Monóxido de Carbono es un gas tóxico, inodoro e incoloro, un poco más ligero que el aire. Es químicamente estable, no reacciona en grado significativo con otros elementos integrantes de la atmósfera. Este gas lo producen los vehículos automotores y se da en todo proceso de combustión incompleta como en incendios forestales y en algunos procesos industriales.

El Monóxido de Carbono irrita las vías respiratorias y tiene la nociva particularidad de pasar a través de los pulmones directamente a la corriente sanguínea. Sus efectos tóxicos son causados por la afinidad entre la hemoglobina de la sangre y las moléculas del monóxido. La función normal de la hemoglobina es transportar el oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos del organismo y cerebro. Al combinarse el Monóxido de Carbono con la hemoglobina, bloquea la capacidad de la sangre para llevar el oxígeno hasta las células, formando así moléculas de carboxihemoglobina.

Estos gases de desecho tienen la particularidad de aumentar en el medio, o medida que la velocidad de los vehículos disminuye, como lo ilustra el caso de los hidrocarburos y el monóxido de carbono en el cuadro No. 12.

Cuadro No. 12- Cantidad de Gases de Escape en Automotores según la Velocidad del Vehículo en Libras/Vehículo-Km.

Velocidad (Km/h)	Hidrocarburos	Monóxido de Carbono
15	0,014	0,23
30	0,090	0,13
40	0,080	0,11
70	0,050	0,06

Fuente: Ferrocarriles Nacionales de Colombia

El ruido es otro factor ambiental que pesa en las mediciones de efectos nocivos de vehículos automotores.

Ruido es todo fenómeno acústico desagradable y molesto al oído; son sonidos múltiples, superpuestos, inarmónicos, que provienen de una o varias fuentes.

El ruido tiene concretas influencias sobre el organismo humano, depende de la frecuencia, intensidad y duración del ruido. El ruido perjudica el oído medio si llega a los 130 decibeles; obra sobre los músculos y el estómago con 100 decibeles. A los 80 decibeles las pulsaciones se aceleran, la presión arterial aumenta, aparecen transtornos digestivos.

A los ruidos de alta frecuencia el organismo es más sensible, el sistema nervioso es afectado en esta situación, produce un estado de tensión general que se traduce en fatiga nerviosa y cansancio mental.

Agrade el medio el uso antieconómico de los recursos renovables y no renovables. Está en relación con el uso de transporte, pues algunos medios exigen mayor consumo de recursos que otros. Los medios de transporte que usan los combustibles líquidos derivados del petróleo, atentan por un lado contra el medio ambiente, por otro contra la economía. Llegan a constituirse en desperdicio energético. Es obvio, entonces, que la política de transporte debe estar en relación con la política energética y la política económica.

Un trasplante ecológico debe tener en cuenta el energético que se use y el medio que lo ha de usar. En las condiciones actuales todo medio de transporte que use hidrocarburos para su operación, está en inferioridad de condiciones con el que use energía eléctrica sea hidro o termoelectrónica.

ENSANCHE DE LA CARRETERA

La carretera La Caro-Belencito tiene una longitud de 189,2 Km. y su mejoramiento se inscribe dentro de dos alternativas:

1.- Construir una nueva calzada, de dos carriles como ampliación de la calzada hoy existente.

2.- Mejorar la vía existente y ponerla en las mismas condiciones de la nueva calzada, de manera que el conjunto presente dos calzadas con dos carriles cada una y por sentido.

El cálculo de una nueva calzada de dos carriles da \$22'767.500 por kilómetro tomando en cuenta los 16 conceptos que muestra el Cuadro No. 13.

El mejoramiento de la vía existente se calcula en un 20% del valor de la carretera nueva por km. o sea que asciende a \$4'553.400.

El costo de arreglar la actual carretera entre La Caro y Belencito y construir una nueva calzada de dos carriles, asciende a \$5.169'019.600.

Cuadro No. 13

CARRETERA LA CARO-BELENCITO-COSTOS DE CONSTRUCCION DE UN KM. TEORICO DE CARRETERA-

Concepto	Unidad	Cantidad	V/unitario \$1981	V/Total \$ 1981
Cortes en material común	M3	25.000	50.00	1.250.000
Cortes en roca	M3	5.000	170.00	850.000
Terraplenes	M3	20.000	40.00	800.000
Excavaciones	M3	1.000	280.00	280.000
Rellenos	M3	600	400.00	240.000
Obras de drenaje (036" long. 10 mts.)	No.	10	200.000.00	2.000.000
Puentes y Pontones	No.	2	2.000.000.00	4.000.000
Concretos Ciclópeo	M3	300	3.800.00	1.140.000
Concreto reforzado	M3	100	9.000.00	900.000
Filtros	ML	200	1.400.00	280.000
Imprimación	M2	7.300	25.00	182.500
Sub-base	M3	3.600	370.00	1.332.000
Base	M3	2.180	600.00	1.308.000
Concreto Asfáltico	M3	1.241	5.000.00	6.205.000
Inmunizaciones	M2	20.000	50.00	1.000.000
Señalización	Global			1.000.000
TOTAL				22.767.500

COSTO DE TRANSPORTE

Transportar por carretera entre Belencito y la Caro una tonelada de carga por kil. vale \$12.00. Es el valor del flete y comprende costos totales de tres elementos:

1. Costos de operación; 2. Costos de Inversión; 3. Costos de administración, impuestos y utilidad.

El cálculo se hizo bajo las siguientes condiciones:

Costos de combustible y lubricantes al precio en que se paga en la Estación de servicio, es decir sin el subsidio que paga el Estado, suma apreciable que, detenerse en cuenta, elevaría los costos de operación en forma considerable. Los costos de operación se dividieron, siguiendo la Teoría de transporte, en Costos Variables y Costos Fijos. Los Costos Variables son los que tienen que ver con el movimiento de los vehículos; los Costos Fijos son los que se originan en actividades secundarias del transporte, gastos en talleres, seguros, sueldos fijos, depreciación, etc. La distancia de transporte promedio es de 212 km. las toneladas a transportar 4,349, el tipo de carretera óptimo para el mejor trabajo de un motor. Para el cálculo se tomó en cuenta que en la carretera corren camiones hasta de 8 toneladas en un 29%, hasta de 15 toneladas en un 7% y tractomulas de 25 toneladas en un 64%, pero se seleccionó para el cálculo una tractomula MACK de 25 toneladas. Tomando en cuenta velocidades tiempos de cargue y descargue, se estableció que, en números redondos, un viaje de ida y vuelta requiere 20 horas. para transportar las 4.349 toneladas diarias se

necesitan 174 vehículos que, en conjunto, recorren 73.776 kilómetros/día. El consumo promedio por viaje redondo es de 0.16 galones/kilómetro de A.C.P.M. que es el combustible que usan esos camiones.

Los costos variables se calculan en \$3'284.361 por días, discriminados así:

Combustibles	\$1'397.760
Lubricantes	75.720
Llantas, neumáticos, prot.	1'316.902
Mantenimiento prevent.	209.664
Lavado y engrase	16.240
Garaje y estacionamiento	16.704
Peajes	16.704
Sueldos conductores	234.667
Total costos variables.....	<u>\$ 3'284.361</u>

Los costos fijos se calculan en \$2'263.415 por día, discriminados así:

Impuesto de rodamiento	\$ 3.867
Seguro de vehículos	161.492
Sueldo fijo conductores	586.666
Depreciación	250.608
Intereses sobre créditos	1'129.742
Mantenimiento básico	131.040
Total costos fijos	<u>\$ 2'263.424</u>

El costo de operación es la suma de costos variables y fijos y asciende a \$5'547.776. Por concepto de operación el costo de transportar una tonelada kilómetro en el trayecto estudiado es de \$6.017.

El costo de inversión en la carretera está dado por el costo de infraestructura de la vía que, como vimos, es de \$22'767.500 por kilómetro y de \$4 307'611.000 para todo el tramo entre La Caro y Belencito; el costo de inversión del parque automotor que asciende a \$541.314.00; el costo de mantenimiento de la carretera existente que llega a \$4'553.400 por km para un total de costo de mantenimiento de \$965'320.800 al año (previsto para 1985). De esta manera el costo de inversión asciende a \$5 814'245.800.

Por concepto de inversión el costo de transportar una tonelada kilómetro en el trayecto La Caro-Belencito es de \$3,28.

Los costos de administración, impuestos y utilidad se calculan en el 30% de los costos de operación y de inversión. Conjugando todas las cifras se obtiene un costo de \$12.00 para transportar una tonelada kilómetro en el trayecto considerado.

CAPITULO V

LOS FERROCARRILES EN EL MUNDO

El primer tren regular que corrió en el mundo fué de carga, en Inglaterra, entre Darlinton y Stockton, de 39 kilómetros de longitud, con velocidad de 15 km. por hora, movido por una locomotora de vapor construída por el ingeniero George Stephenson. Fue inaugurado en 1825. Representa el primer sustituto del caballo.

Ya se había hecho ensayos promisorios. El ingeniero Richar Trevithick, en 1804, había puesto a andar una locomotora sobre rieles por desgracia demasiado débiles; el servicio duró poco tiempo y desapareció.

El primer tren de pasajeros fue construído también en Inglaterra por Stephenson, entre Liverpool y Manchester, con 48 Km. de longitud. Se inauguró en 1830, fecha en la que se considera que comienza la era del transporte por ferrocarril.

De entonces para acá los ferrocarriles se han extendido en todo el mundo, son un medio trascendental de transporte que no se puede ignorar, abarcan dilatadas extensiones, se estima que en la actualidad hay en números redondeos 1'200.000 Km. de líneas férreas construídas y en operación.

El ferrocarril es un medio de transporte familiar para todos; Es versátil en cuanto a fuentes de energía; estable en cuanto a garantía de servicio; económico. en cuanto a costo social; vigoroso, en cuanto a apoyo eficiente al desarrollo; austero, en cuanto a ausencia intrínseca de ánimo especulativo. podríamos hacernos interminables para ponderar la transcendencia insustituible que hoy tiene en cualquier país su sistema ferroviario".

Mirando hacia el futuro, "el sistema de transporte por carretera y el sistema de transporte aéreo, a pesar del predominio incuestionable que hoy ejercen, presentan serias incógnitas". "El Ferrocarril ofrece la oportunidad de enfrentar, en el futuro, con éxito la severa crisis energética que tantos traumatismos está provocando", como lo anota el doctor Javier Ramírez Soto.

Sobre Ferrocarriles el doctor Alfonso Orduz Duarte ha expresado el siguiente concepto: "Quienes creemos que el ferrocarril tiene mucho que aportar al desarrollo de nuestro país, como lo hizo en el pasado, no nos cansamos de repetirlo en la esperanza de convencer a quienes tienen que tomar las decisiones y a todos nuestros compatriotas para que la recuperación y modernización de los ferrocarriles, constituyan un propósito nacional que convoque las voluntades y, por qué no, la controversia nacional".

VISION MUNDIAL

En la actualidad es notable la actividad mundial en materia de ferrocarriles. La impulsa la crisis energética. Los países buscan ahorrar y sustituir energía, la no renovable, petróleo y carbón, en primer término. La actividad ferrocarrilera incluye a todos los países avanzados y no avanzados. Afanosamente trabajan los gobiernos en modernizar sus ferrocarriles, aumentar su productividad, restaurar vías, construir sistemas de doble vía, extender líneas y, muy especialmente, electrificar los ferrocarriles.

España trabaja en modernizar sus ferrocarriles. Prevé cuantiosas inversiones para los próximos 10 años; la tarea central es restaurar vías sobre todo aquellas que

muestran mayor demanda. La actividad ferrocarrilera coincide con la revitalización de la minería del carbón a partir de las regiones carboníferas de León y Palencia.

Gran Betaña se propone invertir en "trenes de tecnología avanzada" para pasajeros espera operar una flota de 60 trenes de ese tipo.

México trabaja en restauración de vías, mantenimiento de infraestructura y aumento de equipo. Su actividad se concentra en restaurar 1.340 km. de vías. Invierte en instalar el sistema de control de tráfico centralizado para 960 km. de vías, en comprar maquinaria para el mantenimiento, en comprar 192 locomotoras de línea principal, 50 locomotoras de maniobra, 9.350 vagones de carga.

Indonesia presenta un caso singular. La empresa de ferrocarriles se encamina hacia la producción local de material rodante. Ha comenzado por importar del Japón partes para ensamblar vagones cisterna y vagones para carbón. El paso siguiente consiste en fabricar directamente el material rodante.

Canadá se ocupa en productividad y ajustes de costos y rendimientos. Teniendo en cuenta que hay alza de costos en salarios (12%), en equipos ferroviarios (18%), sobre todo en combustibles (40%), proyecta aumentar las tarifas de transportes en un promedio del 14%.

China Se ocupa de extender líneas ferroviarias; opera unos 50.000 kilómetros de ferrocarriles. Cada año construye una extensión ferroviaria equivalente a la de toda Colombia. Los expertos en ferrocarriles han indicado que el país debe construir por lo menos 30.000 kilómetros nuevos hasta finales de siglo para satisfacer sus necesidades de transporte; tal extensión crearía un sistema ferroviario de 80.000 kilómetros.

El Japón cuenta con una red de 21.400 km. sobre los cuales se desplazan diariamente 27.500 trenes. Este país ha experimentado grandes déficit de funcionamiento en los años próximos pasados. En 1979 el déficit en ferrocarriles llegó a un poco más de 3.600 millones de dólares. Su actividad se encamina, en consecuencia, a corregir esta situación. Para ello ha dispuesto que en 1985 estarán cerradas al tráfico 77 líneas que totalizan 3.099 kilómetros. Con su conocida eficacia Japón opera su tren bala a lo largo de 1.000 km., a una velocidad de 200 km., por hora, accionados con máquinas de 16.000 caballos de fuerza. Ahora construye una extensión de 500 km., la vía férrea Tohoku, integrará una nueva red de vías férreas superrápidas que unirán las cuatro principales islas que forman el país; incluye gigantescas obras de ingeniería, viaductos, puentes hasta de 3.560 m. de longitud, ha perforado 115 km. de túneles a través de montañas y trabajan en túneles debajo del mar; por sus líneas se desplazarán los trenes a 260 kilómetros por hora. Ahora piensan en el Maglev, un tren de levitación magnética que correrá a 500 km. por hora.

Alemania Oriental contribuye con el desarrollo del container sistema que comenzó a ser usado tímidamente en 1968 y hoy cubre una red que abarca 26 terminales; es cierto que en la actualidad este sistema maneja apenas el 12% de la carga movilizada. Pero está preisto su ensanche con la idea de que representa un importante factor en la racionalización de la economía. En Berlín un terminal férreo ha alcanzado plena capacidad; maneja 144 trenes por semana con containers que sirven a 450 clientes en el área metropolitana.

La Unión Soviética opera el mayor sistema ferrocarrilero mundial; mueve en sus líneas más de la mitad de la carga mundial transportada por ferrocarriles; internamente transportan alrededor del 68% de toda la carga movilizada y 40% de todos los pasajeros que se mueven en el país. Un sistema de tal magnitud requiere, sin

duda, destrezas poco comunes, amplia experiencia, profundidad en el conocimiento de las diversas disciplinas ferrocarrileras. Suelen aquellos técnicos enfrentar problemas de enormes magnitudes, el invierno siberiano, por ejemplo, donde las temperaturas de hasta 50 grados centígrados bajo cero suelen crear barreras formidables para el trabajo y la operación de ferrocarriles. La Unión Soviética no tiene dudas acerca de la importancia de los ferrocarriles para los cuales destina "una escala de inversión mayor que lo de cualquier otra rama de la economía; el ferrocarril es esencial para que el transporte vaya a la cabeza del desarrollo industrial, el ferrocarril es y continuará siendo la espina dorsal del transporte soviético y el propósito de seguir ampliando la red". Por eso los ferrocarriles ocupan un lugar determinante en los planes quinquenales. Las inversiones previstas en el plan quinquenal 1981-1985 contemplan un aumento del 30% en relación las del plan quinquenal inmediatamente anterior. Incluye obras tales como construcción de 3.600 de nuevas líneas, conversión de 5.000 km. de vía única en doble vía, electrificación de 6.400 km. para llevar la red electrificada, 50.100 km. que representarán el 33% de la red total y el 55% del tráfico total; soldadura continua de 17.000 km. de carriles; instalación de 15.200 km. de señalización automática de tramos y control centralizado de tráfico; compra de 350.000 nuevos vagones de carga y 15.000 de pasajeros, construcción de 10 millones de metros cuadrados de vivienda para el personal ferroviario. Inversiones que confirman la importancia que le asignan a los ferrocarriles. Es notable el uso creciente del container. Comenzó en 1936 cuando movieron 183.000 toneladas con ese sistema para 1970 había subido a 26.3 millones de toneladas, en 1979 a 40.5 millones, incluyendo en esta cifra 7.6 millones de toneladas movidas en containers de gran capacidad. La meta para 1985 es de 70 millones de toneladas. Notable también es el diseño y construcción de comunidades a lo largo de las rutas para albergar a los trabajadores; muchos pueblos ya han sido construídos para darles cómodos y permanentes albergues; dotados con escuelas, jardines infantiles, puestos de salud, hospitales, etc.

ELECTRIFICACION DE FERROCARRILES

"Existen actualmente en todo el mundo unos 130.000 kilómetros de líneas férreas electrificadas, lo que supone más del 10 por ciento de la longitud total".

La crisis energética anima actualmente la actividad electrificadora en todo el mundo. El alto costo de los combustibles fósiles ha elevado el costo del transporte. Los países reaccionaron mirando hacia la electrificación de los ferrocarriles, más económica y con una ventaja adicional: es un funcionamiento limpio, en relación con el de trenes movidos por carbón o el de grandes camiones en las carreteras.

La electrificación de ferrocarriles ya tiene peso mundial. Dado que "normalmente se electrifican las líneas de mayor tráfico, resulta que el porcentaje de toneladas remolcadas con tracción eléctrica es netamente superior al de otras tracciones".

Alemania Occidental por ejemplo, "aspira a electrificar el 37% de sus líneas para remolcar el 80% del tráfico total con tracción eléctrica"

Los países surafricanos deben responder a dos estímulos básicos. Una expansión económica debida a los altos precios del oro, cosechas afortunadas, aumento del movimiento portuario y a la crisis energética. Se proponen hacerlo por medio de una decisión gubernamental que transformará las vías principales de tracción con diesel a tracción eléctrica, dentro de un programa quinquenal de 508 millones de dólares. Para 1985 más del 80% de todo el tráfico de mercancías será transportado por

tracción eléctrica, 10% por diesel, 5% con vapor.

España está empeñada en reducir su dependencia de fuentes externas de energía. Aspira a electrificar 2.737 kilómetros de vías en los próximos 10 años. Incluye proyectos para transporte de pasajeros con sistema pendular entre Madrid y Barcelona, 686 km., de 8 horas de duración, un sistema pendular Madrid-París coordinado con los ferrocarriles franceses y la unión de España con Marruecos, por medio de túneles, o puentes a través del estrecho de Gibraltar.

India presenta intensa actividad en la electrificación de sus ferrocarriles. Allí operan en total 60.700 kilómetros de ferrovías; para fines de siglo se proponen tener el 65% electrificado. Ya han electrificado 4.822 kilómetros, lo cual cumplieron a razón de 350 kilómetros por año, actividad completada en el pasado plan quinquenal.

Los consejeros en la materia recomiendan electrificar en adelante entre 500 y 600 kilómetros por año. La idea consiste en eliminar el sistema actual de máquinas de vapor, ahorrarse los 12 millones de toneladas de carbón al año que consumen y destinarlas más bien a la producción de energía eléctrica. Reconocen que la electrificación es industria de capital intensivo, pero argumentan que compensa el capital extra invertido cuando se hace en áreas de la densidad de tráfico. La electrificación de los ferrocarriles tiene prioridad al rededor de los cuatro grandes centros metropolitanos: Bombay, Delhi, Calcuta, Madrás, en cada uno de los cuatro puntos cardinales y su unión directa entre sí.

China comenzó la electrificación de ferrocarriles recientemente en 1980 con sus primeros 120 kilómetros; luego emprendió 362 adicionales. Tiene ya 1.520 kilómetros electrificados y trabaja en 1.000 kilómetros más. Para sus proyectos cuenta con abundante carbón y energía hidroeléctrica.

Bulgaria es radical en su empeño. Su meta es tener electrificada la totalidad de su red principal de 2.400 kilómetros en 1985.

Checoslovaquia presenta problemas en el transporte de carga por ferrocarril, con una disminución del tonelaje, situación que esperan corregir. La electrificación de las líneas, sin embargo, se mantiene firme en el plan quinquenal 1981-1985. El país tiene ya electrificados 2.848 kilómetros, que hacen el 22% de la red total; aspiran a tener electrificado al final del período el 25.5% y mover con este sistema el 75% del total del transporte ferrocarrilero.

Rumania aspira a tener electrificados en 1985 1.200 kilómetros de vías férreas de un total de 3.345 que opera, es decir electrificar el 31% del sistema. La situación de tracción eléctrica en algunos de los países más representativos en el ámbito internacional se aprecia en el cuadro siguiente; excluye las redes metropolitanas y tranviarias electrificadas prácticamente en su totalidad.

ELECTRIFICACION DE FERROCARRILES POR PAISES- 1977-

No.	Países	Longitud media de líneas km.	Longitud de líneas no elec.	Longitud de líneas electrif.	% Elec-trific.	Características de las electrificaciones existentes
12	Bulgaria	4.415	2.930	1.485	34	Corriente monofásica 25 kv. 50HZ
20	Gran Bretaña	17.990	14.239	3.751	21	c.c. 12kv.,630.650.660-750V tercer carril. c.a., Monf.25;625 Kv,50Hz. c.c. 1.5 kv. Catenaria.
1	Suiza	2.921	16	2.905	99	c.a. monf. 15 Kv.,16 2/3 Hz.
6	Luxemburgo	274.	137	137	50	c.a. Monf. 25Kv.,50Hz. cc. 3 Kv.
24	Rumania*	11.039	9.743	1.296	11	c.a.monf. 25Kv, 50 Hz. cc. 1,5Kv.
23	Portugal	3.566	3.175	391	11	c.a. Monf. 25 Kv, 50 Hz cc. 1, 5Kv.
19	Checoeslovaquia	13.186	10.472	2.714	21	c.c. 1,5Kv.
9	Alemania Fed.	28.564	18.11.2	10.452	37	c.a. Monf. 15Kv, 16 2/3 Hz
22	Alemania Or.	14.192	12.683	1.509	11	c.a. Monf. 15Kv. 16 2/3 Hz 25 Kv. 50Hz.c.c.800V.500v.
26	Dinamarca	2.004	1.901	103	5	c.c.1,5 Kv.
5	Italia	16.178	7,898	8.280	51	c.c. 3Kv.
10	Japón	212.276	13.463	7.813	37	c.a. 20 Kv, 50/60Hz, 25Kv. 50/60Hz-c.c.1,5Kv.
14	Yugoslavia	9.967	7.055	2.912	29	c.a. Monf. 15Kv. 16 2/3Hz 25Kv. 50Hz c.c.3Kv.
21	Hungría	7.797	6.595	1.202	15	c.a. 16Kv.,50Hz,25Kv-50Hz
2	Países Bajos	2.850	1.119	1.731	61	c.c. 1,5Kv.
4	Noruega	4.241	1.801	2.440	58	c.a. Monf. 15Kv 16 2/3Hz
7	Austria	5.854	3.091	2.763	47	c.a. Monf. 15Kv. 16 2/3 Hz -6,5Kv,25Hz.
8	Marruecos	1.756	1.048	708	40	c.c. 3kv.
17	Polonia	23.753	17.765	5.988	25	c.c. 3Kv,600V. y 880V.
11	España	13.540	8.757	4.783	35	c.c.1,5Kv, 3 Kv.
18	Suráfrica	22.464	17.385	5.079	23	c.c.3kv.
3	Suecia	11.375	4.416	6.959	61	c.a. Monf. 15Kv 16 2/3 Hz c.c. 1,35Kv,1,5Kv
13	Bélgica	4.003	2.703	1.300	32	c.c.3Kv
16	Francia	34.214	24.736	9.478	28	c.a.25Kv, 50Hz c.c.1,5Kv
27	Turquía	8.139	7.951	188	3	c.a. 25 kv. 50Hz
25	Finlandia	6.044	5.585	459	8	c.a. 25Kv,50Hz
15	URSS*	138.500	98.800	39.700	29	c.a.25Kv-c.c.3Kv.
28	USA*	331.310	328.97	3.213	1	ca. 25Kv y 50zkv, 60Hz- 12Kv y 11Kv.25Hz-c.c. 3Kv,1, 5zkv, 1Kv y 600V.

* Datos correspondientes a 1976

CAPITULO VI

LOS FERROCARRILES DE COLOMBIA

Los ferrocarriles florecen en América a partir de la segunda mitad del siglo pasado. La tendencia en la época es clara: se trataba de unir los sitios de minería, en general los que producían materias primas, con los puertos de exportación. América era un territorio de "mesón", su papel en la economía mundial era el de exportadora de toda clase de productos. La potencia promotora del comercio era Inglaterra, compradora de materia prima en ultramar, poseedora de la tecnología ferroviaria, financiadora de ferrocarriles. Los ferrocarriles fueron hijos legítimos del capitalismo inglés. Los patriotas granadinos y venezolanos discutieron ya en Agosturas, en 1819, la posibilidad de unir el mar Caribe con el Océano Pacífico a través de Panamá. Una solución era el Canal, advertida entonces. La otra un ferrocarril, expresamente formulada por Bolívar en la época en que agonizaba su gobierno en Bogotá.

La primera Ley que trata de ferrocarriles en Colombia data de 1835. Otorga concesiones a los Cantones de Panamá y Portobelo para cuando existiera el ferrocarril interoceánico, que fue comenzado en 1850 y terminado en 1855 cuando se colocó el último riel. Unía a Colón con Panamá, línea de 80 kilómetros de longitud, con trocha de 1.455 m., se recorría en 4 horas.

En 1.840, en la administración del General Tomás Cipriano de Mosquera, Poncet, un ingeniero francés, recomendó una línea férrea que comunicará a Bogotá con el río Magdalena; llegaría a las proximidades de La Dorada, los estudios fueron aprovechados por el Estado Soberano de Cundinamarca y dieron origen al ferrocarril Cundinamarca y de la Sabana.

En 1871, siendo presidente el General Eustorgio Salgar, se aprobó la Ley 69 de alcance nacional; disponía la construcción de un ferrocarril que comunicara a Bogotá con el Mar Caribe, uniendo a la vez los territorios de los Estados de Boyacá y Santander, dió origen el ferrocarril de norte y a la recomendación de que se construyera una vía por el río Carare. El ferrocarril del Norte llegó hasta Guepsa en dirección a Bucaramanga pero allí se abandonó.

El segundo ferrocarril se dió al servicio en 1871 entre Barranquilla y Sabanilla, Puerto Colombia, de 27 kilómetros, se construyó en un año de trabajo.

El tercer ferrocarril se hizo entre Cúcuta y Puerto Villamizar en 1878, de 62 kilómetros, se dió al servicio en 1888. El único ferrocarril internacional que ha tenido Colombian se prolongaba en Venezuela hasta Encontrados. En 1893 construyeron los cucuteños la vía Cúcuta-Río Táchira, de 16.2 kilómetros; los dos ferrocarriles se unieron dentro de Cúcuta por medio de un tranvía. Quisieron prolongarlo hasta Pamplona pero nunca lo lograron.

"Las Leyes 23 y 62 de 1873 autorizaron al Poder Ejecutivo para construir, previos los estudios necesarios, una línea que comunicara a Bogotá con el río Magdalena, dieron origen al ferrocarril de Girardot".

Vino luego la era de Francisco J. Cisneros, eficiente ingeniero, cubano, llamado a Antioquia para construir el ferrocarril Río Magdalena-Medellín. En 1874. de 193 kilómetros, Cisneros alcanzó a construir 37 kilómetros, hasta el sitio de Las Pavas a donde llegó en 1885.

Cisneros dejó en sus memorias de contratista el recuento de las dificultades que significaban construir entonces un ferrocarril. Hata el momento sólo existían

“infernales caminos de herradura” como los llama Cisneros. La topografía colombiana, definida por tres cordilleras presentaba desmesurados desafíos. Las lluvias eran excesivas en algunas parte como el Pacífico. Los derrumbes se producían en todas partes. Los bosques eran espesos, se carecía de mapas de modo que los reconocimientos había que hacerlos directamente sobre el terreno, palmo a palmo. Las zonas bajas e intermedias eran malsanas, las enfermedades diezaban a los trabajadores o los ahuyentaban; regiones mortíferas; abundaban, las enfermedades propias de sitios húmedos y cálidos, paludismo, anemia tropical, infecciones de la piel, etc.

Los ferrocarriles se tendían usualmente, de las regiones mortíferas del Magdalena hacia arriba; se calculaban en comarcas desiertas, donde el suministro de víveres había que hacerlo desde largas distancias, a lomo de peones; donde era necesario vivir a la interperie; todo tendía a destruir la salud y la vida, a hacer las faenas extraordinariamente penosas. Había que improvisar, había que crear. Como si fuera poco, las guerras civiles terminaban de interferir las acciones. Los obreros eran enganchados en los ejércitos. No había partidas para gastos. Circunstancias penosas. Cisneros contrato también los ferrocarriles del Pacífico (Cali-Buenaventura, construyó 27 kilómetros) La Dorada y Girardot-Tolima-Huila. En todos impuso la trocha de 914 mm. En 1879 fue ordenado el ferrocarril de Puerto Wilches; lo comenzó a construir el estado de Santander con subvención nacional con trocha del 1,00 m. En 1885 había hecho 5 kilómetros quedó abandonado hasta 1908 cuando lo reemprendieron, hasta llevarlo más tarde en 1941 hasta Bucaramanga.

En 1881 la Asamblea Legislativa de Cundinamarca, por Ley 18 de ese año, autorizó la construcción del ferrocarril Bogotá-Zipaquirá, destinado a ser prolongado hasta Bucaramanga y la del ferrocarril Bogotá-Facatativá, se construyó con trocha de 1 m. En este mismo año se decretó el tramo Santa Marta-Río Magdalena. En 1906 llegó a Fundación. Fue el ferrocarril de las bananeras, de una yarda (914 mm) de ancho.

En 1894 se puso en servicio el ferrocarril de Calamar, sobre el río Magdalena, a Cartagena; se pretendía sustituir la navegación por el Canal del Dique que prestaba en la época un servicio intermitente, por falta de mantenimiento. Cuando se regularizó el Canal, el ferrocarril lo consideraron superfluo; los rieles fueron levantados en 1951. La labor colombiana en la construcción de ferrocarriles en el siglo XIX fue ciclópea, sin lugar a dudas. Pero desorganizada, frecuentemente llena de pasajes indelicados. El gobierno fomentaba la construcción de ferrocarriles de muy diversas formas: con auxilios en efectivo, subvenciones, concesiones, exenciones de impuestos, derechos de usufructo, intereses mínimos a los prestamos, etc.

En 1896 don Miguel Samper hizo un balance de los ferrocarriles. “Lo que rige actualmente en Colombia es el más concierto desconcierto en la materia”, denunciaba. “Se han emprendido diversas obras al mismo tiempo, la iniciativa parece estar en los gobiernos departamentales y en toda persona que quiera construir ferrocarriles y para todos debe haber subvención nacional. De los 13 ferrocarriles que el gobierno ha emprendido o subsidiado, el de Santa Marta presta sin duda, importante servicio, pero no avanza; el de Buenaventura está estacionario, se va aniquilando, el del Tolima parece que se ha evaporado; el de Girardot, se ha quedado en Juntas y amenaza ruina completa; los de Sabana y Norte prestan regular servicio; el de Soacha distraerá capitales y atención hacia una empresa que es secundaria; el del Meta tenía que reducirse, por fuerza a un estudio costoso y prematuro, el de

Occidente quedó convertido en una locomotora 'contratística', el de la Dorada que realmente se necesitan no llena completamente su objeto; el de Santander deja apenas el nombre de Wilches en una ladera desierta".

El siglo XX, en su primer tercio, fue activo y fecundo en construcción de ferrocarriles; también se suspendieron y se desentrelazaron otros.

En 1909 se concluyó el ferrocarril de Girardot y se dió al servicio con un trasbordo en Facatativá porque el de Girardot era de trocha de 0.914 y el de la Sabana de un metro; este trasbordo fue llamado "de las pulmonías", duró 15 años sin solución. Hasta que en 1924, el ministro de obras públicas Laureano Gómez, ejecutivamente resolvió la situación ordenando angostar la línea de la Sabana, lo cual hizo en tres días con el aplauso de miles de pasajeros; así quedó unida Bogotá con Girardot en línea continua.

En 1911 se originó el Ferrocarril de Caldas consistente en una línea entre Manizales y el río Cauca. Desde 1959 está suspendido el ferrocarril entre Pereira y Manizales. "La Ley 73 de 1912 ordenó la prolongación de la línea de Chusacá a El Salto, lo cual se cumplió en 1927. La Ley 31 de 1919 dispuso la prolongación hasta Fusagasugá. El ferrocarril llegó en 1929 hasta el Alto de San Miguel, donde se suspendió la construcción, más tarde se levantaron los rieles entre Chusacá y San Miguel.

En 1913 el Congreso Nacional dispuso llamar ferrocarril del Pacífico al que uniría a Bogotá con Buenaventura. La línea Cali-Buenaventura se terminó en 1915; tuvo muchas dificultades técnicas, administrativas y geológicas; el río Dagua, torrencial y peligroso, con sus crecidas, se llevó muchas veces las obras. En ese periodo se iniciaron varios ramales de ferrocarril entre ellos Cali-Cartago, entró en servicio en 1923, Cali-Popayán en 1925, Zarzal-Armenia, 1927 y otros.

En 1914 fue ordenada la construcción del ferrocarril del Carare. La obra se inició en 1924 y se suspendió entre 1916 y 1929 cuando se reinició. Nuevamente fue suspendida por insolvencia del contratista. El ministerio de Obras levantó los rieles y usó la base para la carretera Tunja-Barbosa-Puerto Olaya.

"Entre 1914 y 1931 se construyeron 16 kilómetros del ferrocarril del oriente entre Bogotá y Chipaque pasando por Usme y Yomasa. En 1935 se dispuso el levantamiento de los rieles para hacer una carretera.

En 1921 se comenzaron desde Bogotá los trabajos del Ferrocarril del Nordeste, en 1932 llegó a Sogamoso, con 253 kilómetros. En 1938 el gobierno compró el ferrocarril. En 1952 se construyó la Siderúrgica de Paz del Río; el ferrocarril fue prolongado 6 kilómetros para llevarlo a Belencito. La Siderúrgica construyó un ferrocarril de 45 kilómetros el primero y único electrificado que hay hasta el momento en el país, para transportar mineral de hierro y carbón de las minas de Belencito en cantidad de 3.500 toneladas diarias, con 6 locomotoras eléctricas.

En 1922, la Ley 102 autorizó al gobierno para construir el ferrocarril Tumaco-e Ipiales-Pasto, para seguir a Popayán. Los trabajos se comenzaron en 1925, en 1927 se dieron al servicio los primeros 35 kilómetros, en 1932 llegó al Diviso con 92 Kilómetros. Se preveía unir la línea Tumaco-Divisa con el Ecuador, siguiendo el río Mira. En 1950 por recomendación de la Misión Currie el Ferrocarril fue levantado, la banca se usó para la carretera a tumaco, los nariñenses protestaron pero se acabó el ferrocarril.

El tramo Ibagué-Armenia que debía integrar Oriente con Occidente no se ha construido.

En 1927 se hizo el estudio de ese tramo; en 1929 se inició la construcción pero se suspendió debido a la crisis de ese año, se alcanzaron a explanar 8 Kilómetros desde Ibagué y 9 desde Armenia; en 1945 se reinició la construcción y se enriellaron 22 kilómetros, 10 del lado de Ibagué, 12 del de Armenia. En 1950 se suspendieron los trabajos hasta hoy.

En 1929 se concluyó el ferrocarril Medellín-Puerto Berrío, de 193 kilómetros de longitud, cuando se encontraron las dos líneas de los lados opuestos en el túnel de la Quebra, de 3,742 kilómetros de longitud. Por el otro lado en 1930 se concluyó la línea de 127 kilómetros entre Medellín y el río Cauca.

En 1931 el Ferrocarril de Occidente llegó a la Virginia.

En 1931 la Ley 29 creó el Consejo Administrativo de los ferrocarriles. le otorgó autonomía administrativa, podía fijar tarifas sujetas a aprobación del gobierno. Administraba ferrocarriles cuya longitud sumaba 3.616 kilómetros.

A partir de entonces hubo un largo receso en Colombia en la actividad ferrocarrilera; casi en un cuarto de siglo de inactividad en el ramo, sustituida por la actividad en construcción de carreteras y la introducción del transporte automotor.

En 1950, 78 por ciento de la red ferrocarrilera tenía una yarda de ancha y 22 por ciento tenía un metro. Fue la época en que se decidió unificar el ancho en todo el país. La decisión fue unificar las trochas a una yarda, 0,914 m. como en efecto se hizo. Las líneas de los ferrocarriles del norte y del Nordeste, que tenían trochas de un metro, fueron angostadas en 1951. Simultáneamente se decidió el cambio de locomotoras de vapor por locomotoras diesel.

En 1954 el gobierno dispuso completar el ferrocarril del Magdalena para empalmar a La Dorada con Santa Marta. Se inició siendo ministro de Gobierno Jorge Leyva. El ferrocarril fue inaugurado en 1961 bajo la presidencia del doctor Alberto Lleras Camargo con su ministro de Obras doctor Misael Pastrana Borrero.

En 1954 se crea la Empresa de Ferrocarriles Nacionales de Colombia, adscrita al Ministerio de Obras Públicas. Se puso bajo una administración nacional unificada y se adoptó al criterio de manejo integral, quiere decir que la administración maneja todas las redes del país, construye sus propias vías, las conserva, tiene su propio material rodante y de tracción, opera su propio sistema de comunicaciones, entrena a su propio personal.

La Empresa adquirió personalmente la propiedad de los ferrocarriles comprándolos a los departamentos, gestión que se inició en 1955 y terminó en 1961 con la compra del ferrocarril de Antioquia.

Los departamentos los vendían gustosos porque los rieles no se los podían llevar. La Empresa se organizó por medio de 5 divisiones: Magdalena, Santander, Antioquia, Pacífico y Central.

La Empresa comenzó con 3.431 kilómetros de redes nacionales, sustituyó el 100% de las máquinas de vapor por máquinas diesel. Su argumento es mejor utilizar el carbón en general energía eléctrica que quemarlo en las máquinas.

Con la suspensión de servicios Pereira-Manizales, Cartago-Pereira, Suárez Popayan, La Felisa-Medellín, hoy opera 2.900 kilómetros. Tiene 170 locomotoras, de ellas apenas 55 en funcionamiento; 5.600 vagones, de ellos 3.200 en condiciones

aceptables; 3.2 obreros en promedio trabajan por Km. (en el mundo trabajan entre 3 y 6 por Km)

El transpaso de los trabajadores de los departamentos a la Empresa, sumado a la absorción que ésta tuvo que hacer de los obreros que construyeron el ferrocarril del Atlántico, afectó a la Empresa, subió costos de operación, aportó agudas dificultades laborales. Hoy día los problemas de los ferrocarriles La Empresa los resume así:

- 1.- Vías en mal estado, descompensadas en cuanto a su capacidad de transporte;
- 2.- Iliquidez completa para grandes deudas que afectan su patrimonio;
- 3.- Capital de trabajo negativo.
- 4.- Material rodante y de tracción en mal estado.

HACIA EL FUTURO

Los ferrocarriles son sin duda medio de transporte de capital importancia para el desarrollo económico y social del país. Son ahora más necesarios cuando gravita sobre la economía un problema energético de enormes proporciones; ha encarecido los costos de transporte que el ferrocarril puede evitar; los medios sustitutivos han resultado además ecológicamente inconvenientes; los ferrocarriles resuelven el problema ecológico en mejor forma que otros medios de transporte.

La demanda potencial de carga para los ferrocarriles de Colombia duplica la capacidad de carga de esos ferrocarriles; mientras en 1981 hubo demanda de 4'894.000 toneladas, la capacidad de transporte fue de 2'265.000; en 1985 habrá demanda de 6,979.000 y capacidad de transporte de 4'822.000. Hay pues, un amplio juego para este medio de transporte.

Debemos en consecuencia, "descartar de una vez por todas la idea recurrente de liquidar los ferrocarriles naciones; debemos, por el contrario, aprestarnos a la integración de los ferrocarriles, a su extensión, actualización y mejoramiento.

La acción sobre los ferrocarriles debemos inscribirla dentro de unos criterios generales, o políticas nacionales, deducidos del examen conjunto del tema. Los ferrocarriles no son una isla, son parte de un sistema nacional de transporte, naturalmente ligado a otros subsectores del sistema.

Criterios básicos son:

1. La acción expansiva de los ferrocarriles no debe mirarse con criterio de "competencia" con los otros medios de transporte sino con el criterio de "complementación" que armonice todas las modalidades dentro de un sistema único de transporte nacional.
2. Los Ferrocarriles serán operados por el Estado, por encima de cualquier modalidad administrativa que se adopte o combinación de ellas. No excluye, pues, una participación privada, en cualquier caso minoritaria.
- 3.- El monopolio de los ferrocarriles de Colombia ha sido superado por el desarrollo de otros medios de transporte. Hay que dar a los ferrocarriles libertad para fijar sus tarifas de acuerdo con sus políticas de servicio y expansión.
4. El problema de los ferrocarriles de Colombia no es de capacidad de las vías, ya que ninguna ha sido saturada. Es de competitividad y eficiencia.
- 5.- En cualquier estudio o decisión es preciso tomar en cuenta que Colombia es un país de montañas, que nuestros ferrocarriles son la herencia de algo idóneamente construido; es preciso superar la tentación de adoptar soluciones exóticas, reñidas con nuestra realidad.

6. Hay que aumentar la productividad de los ferrocarriles por todos los medios posibles: administración seria y eficaz; mayor disponibilidad de locomotoras y vagones, aumentando la disponibilidad del 40% actual al 90% como ya una vez operó; aumentar la carga atendida; favorecer con tarifas bajas, las cargas de larga distancia, desestimular con mayores precios las distancias cortas.

7. Dar prioridad a la carga de gran volumen y larga distancia, atender como objetivo complementario el transporte de pasajeros.

8.- Integrar la red nacional mediante la conexión de todas la discontinuidades que hoy ofrece la red vial.

9.- Modernizar la red y construir variantes que rebajen pendientes, reduzcan curvaturas, acorten recorridos, lleven o no implícita la construcción de túneles de importancia.

10.- Extender prioritariamente redes ferrocarrileras y mejorar servicios donde quiera que existan desarrollos significativos en minería, industria y actividades agropecuarias.

11.- Empezar el diseño y construcción de apartaderos industriales, organizar el servicio de "containers", ofrecer así a los usuarios un servicio de "puerta a puerta".

12.- Organizar los ferrocarriles para las grandes connurbaciones: Valle del Cauca entre Popayán y Cartago, Neiva-La dorada, Medellín-Manizales, Bogotá-Belencito, Santa Marta-Barranquilla-Cartagena, Bogotá-Zipaquirá.

13.- Definir la electrificación de los ferrocarriles, más por el volumen de tráfico que por los costos unitarios de transporte.

14.- Definir por parte del gobierno nacional si mantiene el ancho de vía en una yarda o si adopta el ancho "standard" universal.

Está sentado ya el precepto de que recuperar y modernizar los ferrocarriles de Colombia debe ser un propósito nacional. El doctor Alfonso Orduz Duarte, gerente de los Ferrocarriles Nacionales, resume así las principales líneas de acción que hay que adoptar en el futuro:

Mejorar lo existente, financiar obras de mejoramiento y ensanche con créditos internos y externos, reparar locomotras y vagones, adquirir nuevos equipos, fortalecer el concepto de transportar grandes cargas a grandes distancias.

El ferrocarril del Atlántico es hoy la espina dorsal del sistema ferrocarrilero colombiano; debe ser operado con máxima eficiencia. Tiene capacidad de transporte diario de 10.500 toneladas y está subutilizado por dos cuellos de botella situados en sus extremos: las limitaciones del puerto de Santa Martha y la escasa capacidad del ferrocarril La Dorada-Bogotá, que es de 2.400 toneladas diarias. Para subsanar esas limitaciones debe pensarse en extender la línea de ferrocarril a los puertos de Barranquilla y Cartagena, sin perjuicio de los ensanches portuarios en Santa Marta y construir una línea auxiliar que refuerce la de Bogotá a la Dorada; esa línea es la del Carare, desde Saboyá hasta el río Magdalena en Puerto Mulas, donde empata con el ferrocarril del Atlántico.

El ferrocarril del Carare tiene longitud de 180 Km. vale 1'500.000 dólares por km. en zona montañosa y 600.000 dólares en zona plana, se puede construir en 5 años.

La conexión del ferrocarril del Atlántico a Cartagena y Barranquilla tiene longitud de 240 kilómetros, 150 millones de presupuesto, 4 años de duración para construirla.

Otras obras a emprender son:

- Mejorar la línea Buenaventura-Bogotá, reiniciar la construcción de la línea Ibagué-Armenia, rectificar la línea Girardot-Bogotá.

- La línea Armenia-Ibagué tiene 85 Kms. de longitud, incluye un túnel de 18 km. cuesta 150 millones de dólares, 5 años para ejecución.

- Restablecer la interrumpida troncal de Occidente, restableciendo la comunicación férrea Calí-Medellín.

- Construir un ferrocarril por la margen del río Cauca hasta llegar a Cartagena. En cuanto a electrificación dice el doctor Orduz Duarte:

“La electrificación de la red o parte de ella es otra decisión que debemos tomar, no solamente por la economía de combustible, sino también por una mayor eficiencia de los motores eléctricos. Es cierto que las inversiones iniciales son altas, pero es igualmente cierto que los costos de mantenimiento y operación son más bajos, sin olvidar que con buen diseño de itinerarios entre locomotoras que suben y bajan en zonas montañosas, el consumo neto de energía puede ser muy bajo. Este es un programa que se puede ejecutar por partes escogiendo los sectores más críticos, haciendo en ellos los enganches y desenganches de los trenes”.

No sobra aquí insistir sobre un punto básico, el ensanche de la trocha ferrocarrilera colombiana de una yarda a que se unificó hace unos años, a la “standard” la más generalizada en el mundo. El argumento para mantener lo que hay es que los costos de ensanche serían sumamente onerosos y la economía del país no los resiste; el argumento para ensanchar las trochas es que los ferrocarriles ruedan así a mayor velocidad y más seguros; que las fábricas de locomotoras y vagones no deben hacer diseños especiales para Colombia sino que pueden vender sus equipos normales, por lo tanto a precios más bajos. De cualquier manera debemos anotar que, discutido este punto en el seno de los grupos, llegamos a la conclusión de recomendar el ensanche de vías a tamaño “Standard” en toda la red nacional y en urgir al gobierno central, por intermedio de las autoridades ferrocarrileras a que tomen una decisión al respecto.

CAPITULO VII

EL FERROCARRIL DEL NORDESTE

La idea de construir un ferrocarril en Bogotá hacia el norte del país es antigua. La ley 69 de 1871, sancionada por el presidenter EUSTORGIO SALGAR, daba especial importancia a la vía que debía unir a Bogotá con la parte poblada de los estados de Cundinamarca, Boyacá y Santander y salir al río Magdalena; se le llamo ferrocarril del Norte.

En 1913 la Ley 19 declaró la necesidad y utilidad pública la construcción de la línea férrea entre Nemocón y el río Magdalena, pasando por Chiquinquirá; un ramal debía salir a Tunja, Santa Rosa y Soatá, para seguir a Pamplona y Cúcuta. Todas estas disposiciones tenían en el fondo el propósito de unir a :Bogotá con Santa Marta.

BOGOTA - BELENCITO

La necesidad de unir a Bogotá con Sogamoso por vía férrea apareció como producto de la ganadería del llano, que tenía en Sogamoso su centro de distribución nacional. Y, desde 1920, la necesidad de abaratar el transporte de pasajeros. Hacia aquel año, en efecto, la gasolina era importada y costaba de \$25 a \$30 la caja de diez galones. Funcionaba la carretera construída por la administración general Rafael Reyes que unía a Bogotá con Santa Rosa de Viterbo de donde era oriundo. El alto costo de la gasolina hacía muy gravosos los pasajes y los fletes. Se consideró que la solución férrea era conveniente para el país y se tomaron las disposiciones para construir el ferrocarril Bogotá-Sogamoso que fue llamado Ferrocarril del Nordeste. Años más tarde vino algo completamente inesperado. Colombia resultó rica en petróleo y comenzó la explotación del hidrocarburo. La consecuencia fue la baja del galón de gasolina de \$2,50 a \$0,30. Esta baja en el precio del combustible causó una baja en los pasajes de la carretera, lo cual trajo la competencia ruinosa para el ferrocarril que ha declinado casi hasta extinguirse en la actualidad.

Los antecedentes de la construcción del Ferrocarril del Nordeste los encontramos en 1913 cuando se aprobaron los contratos entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá con el señor Francisco Pineda López para construir varias líneas férreas y sus ramales en territorio boyacense. Esos contratos experimentaron varias modificaciones y finalmente el traspaso a una sociedad belga denominada "Societé National de Chemis de Ferde Colombia", que hizo finalmente la obra.

La construcción del Ferrocarril del Nordeste se inició en 1921. La trocha tenía un metro de ancho. el 31 de agosto de 1925 la línea llegó límite con Boyacá. El 22 de octubre se iniciaron trabajos en territorio boyacense. En 1930 llegó a Albarracín. A comienzos de 1931 ya estaba en Tunja y en Agosto del mismo año llegó a Sogamoso.

El ferrocarril del Nordeste tuvo estación propia en Bogotá. Usó la del Ferrocarril del Norte a la cual llegaba una vía férrea también de un metro de ancho.

En 1937 el municipio de Bogotá cedió por Ley 95 de ese año al gobierno nacional, la zona de la línea de Ferrocarril del Norte entre Bogotá y el Chicó en el kilómetro 11. En 1938 el gobierno nacional compró el Ferrocarril del Nordeste y el privilegio de explotarlo por 50 años por la suma de \$11'500.000; entró a ser administrado por el Consejo de Ferrocarriles. Para entonces las dos empresas, la del Ferrocarril del Norte y la del Ferrocarril del Nordeste usaron la misma línea férrea y la misma estación.

En 1950 la nación recibió la zona ocupada por el Ferrocarril del Norte entre

Bogotá y la Caro. Las dos empresas urdieron en adelante la línea del Nordeste. Sobre las antiguas zonas del Ferrocarril del Norte se construyeron años más tarde la Avenida Caracas y la Autopista del Norte.

En 1925 comenzó a funcionar la Siderúrgica de Paz del Río en la localidad de Belencito. Se hizo necesaria la prolongación de la línea entre Sogamoso y Belencito en longitud de 6 kilómetros, por parte de los Ferrocarriles nacionales. Y la construcción del Ferrocarril Belencito-Paz del Río de 36 Km. de longitud por parte de la Siderúrgica para transportar el carbón y el mineral del hierro de los yacimientos a los altos hornos.

En 1954 la Siderúrgica ordenó los estudios de electrificación del ferrocarril Belencito-Paz del Río, el cual se inauguró electrificado el 1^o de julio de 1963.

CARACTERISTICAS DE LA VIA

El Ferrocarril del Nordeste tiene 263 km. de longitud, comprendidos entre la Estación de la Sabana de Bogotá y la Estación Chicamocha en Belencito; hoy día tiene la vía un ancho unificado a todo el país de una yarda, equivalente a 914 mm.

Desde Bogotá hasta la Estación de la Caro, km. 34, la vía es común para los ferrocarriles del Norte y del Nordeste. En la Caro se bifurcaron las líneas, una sigue a Chiquinquirá y Barbosa, la otra sigue a Belencito.

El ferrocarril del nordeste se compone de 28 tramos comprendidos entre 29 estaciones. La estación inicial, Bogotá está a 2.550 mts. sobre el nivel del mar, la terminal en Belencito a 2.559 mts. El punto más alto de la línea es Tierra Nega con 2.983 m. a 158 Km. de Bogotá. Las cotas, las abscisas y las distancias se aprecian en el Cuadro No. 1.

CUADRO No. 1
 FERROCARRIL BOGOTA-BELENCITO. ESTACIONES, COTAS,
 ABCISAS DISTANCIAS 1982

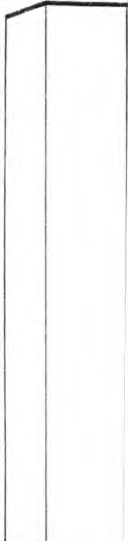
ESTACION	COTA	ABSCISA	DISTANCIA
1- Bogotá	2.550	0 + 000	5.00
2- Km. 5	2.588	5 + 000	10.00
3- Usaquén	1.585	15 + 000	3.00
4- Ramal Samper	2.584	18 + 000	11.00
5- San Antonio	2.584	23 + 000	11.00
6- La Caro	2.582	34 + 000	13.00
7- Briceño	2.590	47 + 000	6.00
8- Tocancipá	2.591	53 + 000	5.00
9- Gachancipá	2.590	58 + 000	16.00
10- Suesca	2.551	74 + 000	19.00
11- Choconta	2.716	93 + 000	13.00
12- Villapinzón	2.800	106 + 000	15.00
13- Albarracín	2.835	121 + 000	15.00
14- Ventaquemada	2.840	136 + 000	14.00
15- Tierra Negra	2.983	150 + 000	8.00
16- Samacá	2.895	158 + 000	14.00
17- J. Páez (Alto del Moral)	2.977	172 + 000	12.00
18- Tunja (estación)	2.770	184 + 000	15.00
19- Oicatá	2.687	199 + 000	10.00
20- Tuta	2.660	209 + 000	4.00
21- Sotaquirá	2.626	213 + 000	9.00
22- Termo-Paipa	2.593	222 + 000	3.00
23- Paipa	2.585	225 + 000	6.00
24- Bonza	2.592	231 + 000	8.00
25- Duitama	2.602	239 + 000	9.00
26- Tibasosa	2.563	248 + 000	8.00
27- Sogamoso	2.570	256 + 000	5.00
28- Chicamocha	2.559	261 + 000	1.50
29- Belencito	2.560	262 + 500	

El ferrocarril del Nordeste atraviesa tres sectores con características geográficas bien definidas. El primer sector está comprendido entre Bogotá y Suesca, tiene 74 Km. predominan allí tramos a nivel o con pendientes suaves y amplios radios, presenta, sin embargo, tramos cortos con pendientes de 1.5% y curvas de radio de 150 metros; este radio implica un límite de velocidad de 40 k.p.h.

El segundo sector principia en Suesca y se extiende hasta Tunja en el Km. 184 es el sector de topografía más variable; hay pocos tramos a nivel, predominan las pendientes del 2.5% compensadas (equivalen aproximadamente a pendientes geométricas del 2.25%) y curvas de 150 metros de radio.

PERFI

2.560
2.288
2.288



PENDIENTES 0.7

ABSCISAS 0+00

DISTANCIAS 5.00 10.00

ESTACIONES 1 2

BOBOTA
KMS

n
n.

io

la

un
re
on

,
y
o
a

o

n
a
d

l.
a
s
io

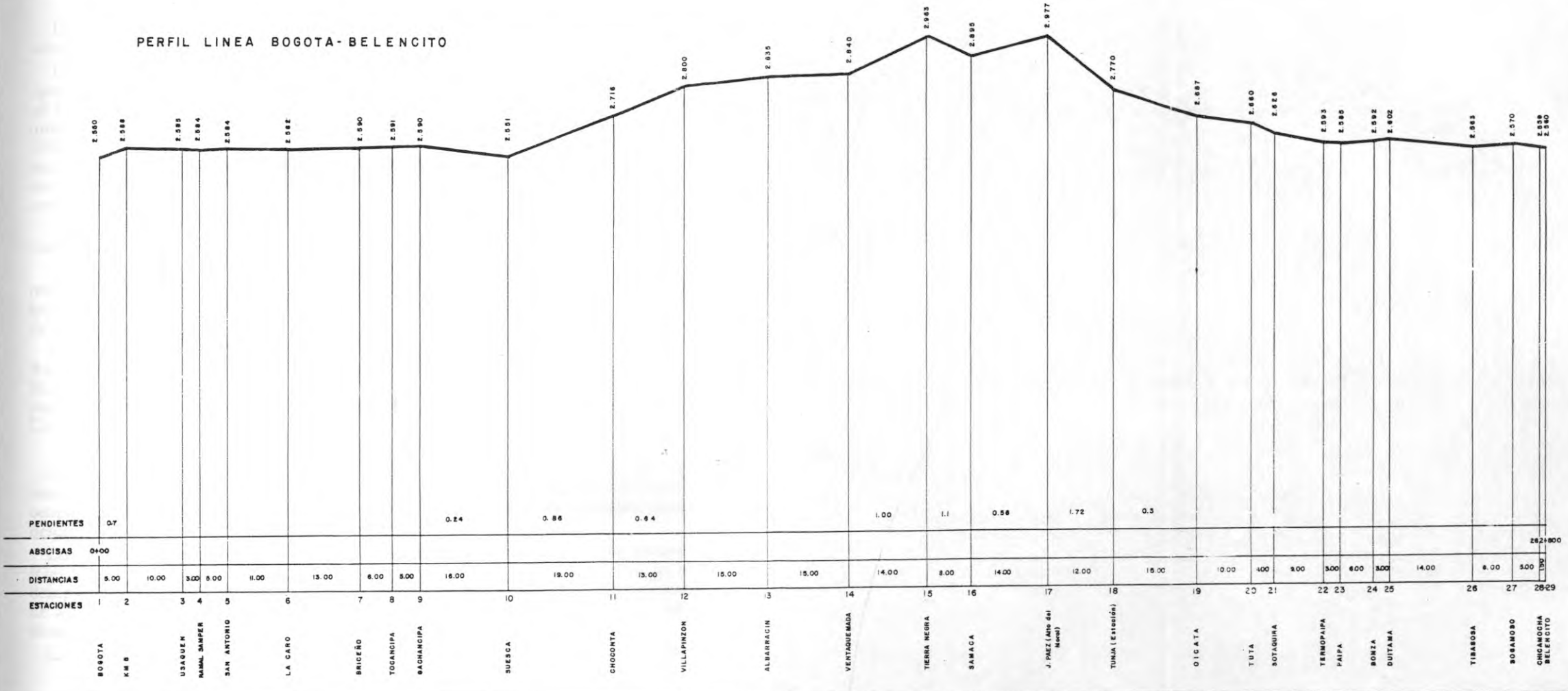
le
s,
es

s.
o
as
s,

s.

la
io
la

PERFIL LINEA BOGOTA-BELENITO



El tercer sector se extiende entre Tunja y Belencito en el Km. 263; es una vía con largos tramos rectos sobre terreno predominante plano, con algunas curvas de 150 m. de radio y pendiente máxima del 1%.

Vista en conjunto, 58% de la vía corre en terreno plano y ondulado, 42% en terreno montañoso, la pendiente máxima en toda la línea es de 2.5 compensado.

EXTRUCTURA DE LA VIA

La vía estuvo anteriormente toda asentada sobre una capa de balasto que en la actualidad ha desaparecido parcialmente.

Los rieles descansan sobre traviesas de madera; las instrucciones técnicas indican que las traviesas deben ser de 2.0X0.15X0.20 m. colocadas a 0.60 m. entre ejes entre sí. Las traviesas estan en regular estado, algunas han desaparecido. Los rieles no son uniformes; se encuentran en la vía una variedad de calibres así: 75 lbs./yda., 32Kg./m., 55Lbs/yda., y 30 Kg/m. La variedad de calibres es inconveniente, hay mucho riel desgastado, en pequeños tramos están soldados, en la mayoría del trayecto existe la ranura de separación entre los rieles lo cual produce vibración y ruido en la operación de trenes.

La fijación de los rieles a las traviesas están hechas con clavo de carrilera, cuatro clavos por traviesa con refuerzo en las curvas.

Existen numerosos puentes y viaductos con carga de diseño Cooper E-30, sin restricción de uso ninguna pare el equivo tractivo que se usa en la actualidad. Para locomotoras con pesos por ejemplo de 15 toneladas habría que verificar la estabilidad de estas obras.

La vía tiene tres túneles: La Nevera de 118 m. de longitud; Teatinos de 78 m. Raporeja de 136 m., lo cual arroja una longitud total de túneles de 532 m. La gráfica No. 1 muestra las características del túnel de Teatinos. El Ferrocarril pasa por dos puentes principales: sobre el río Bogotá de 18.85 y Puente Reyes 19.8 m sobre el río Chicamocha.

ESTADO DE LA VIA

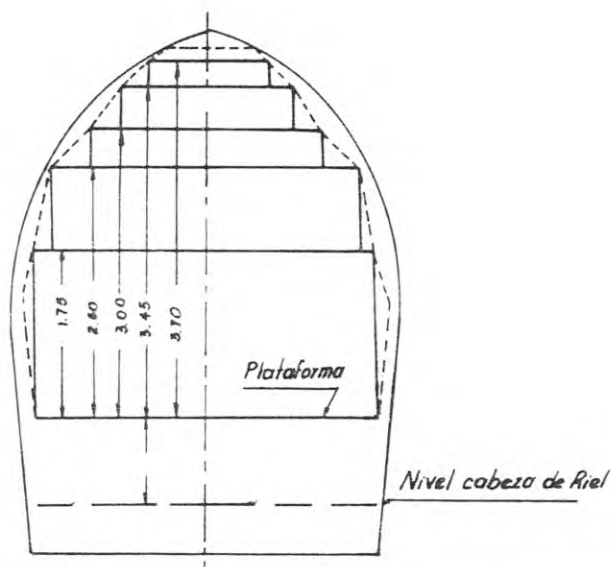
La vía presenta excelente trazado topográfico pero deficiente estado de conservación. El corredor está en partes extensas invadido por habitantes tuguriales, ocupado por vacunos y ovinos que pastan a la vera de la carrilera, vía cruzada a veces despreocupantes por personas adultas y por niños.

Los rieles de diferentes calibres son inconvenientes, en parte estan desgastados. Riel de 30 Kg/m. es demasiado esbelto. Las traviesas en mal estado o desapareciendo, la base de balasto interrumpida o cubierta por hierva. Faltan placas de asiento lo que influye negativamente sobre todo en las curvas, cunetas, alcantarillados, muros de contención presentan también serias deficiencias.

La apariencia global de la vía es de abandono. Un ferrocarril que fue pero ya no es.

ACCIDENTALIDAD

En 1974 los Ferrocarriles Nacionales experimentaron honda crisis, se reflejó en la carencia de recursos para el adecuado mantenimiento de las vías. A partir de ese año la empresa inició la recolección detallada de datos sobre accidentes que ocurren en la vías, a lo largo de toda su red.



GALIBO MAXIMO LIMITANTE DE UBREPASO - GALIBO MAXIMO DE CARGA

h-Altura de carga	b-Ancho de carga	h	b
090	363	175	360
110	366	260	320
130	390	300	270
150	393	345	160
170	396	370	130
190	398		
210	400		
225	400		
245	398		
285	390		
305	380		
325	366		
352	345		
390	300		
470	150		

NOTA: Estas alturas estan tomadas con relación a la cabeza del riel.

NOTA: Estas alturas estan tomadas sobre la plataforma

GALIBOS MAXIMOS DE CARGA

ALTURA DE CARGA	ANCHO DE CARGA
100	360
175	380
260	320
300	270
345	180
370	130

La información se refiere más a accidentes tales como descarrilamientos de trenes. Las pérdidas materiales no están avaluadas por falta de estadísticas debido a varios factores entre ellos a imposibilidad de determinar el lucro cesante, falta de información sobre algunas áreas de la Empresa, en casos de acción judicial dificultad de establecer el costo debido al tiempo requerido para la culminación de las respectivas diligencias.

El cuadro No. 2 muestra los accidentes o descarrilamientos sucedidos en la línea Bogotá-Belencito, discriminados por causas imputables al estado de las vías, a la operación del transporte, a los talleres y otros, entre 1974 y 1981.

CUADRO No. 2
FERROCARRIL BOGOTA - BELENCITO
DESCARRILAMIENTO SEGUN CAUSAS, 1974 - 1981

AÑO	VIAS	TRANSPORTE	TALLERES	OTROS	TOTALES
1974	58	23	50	11	142
1975	35	10	39	26	110
1976	60	5	43	22	130
1977	36	15	45	20	116
1978	39	14	43	9	105
1979	117	10	50	15	192
1980	50	9	28	10	97
1981	115	9	30	28	182

FUENTE: FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA

La mayor cantidad de accidentes se deben al mal estado de la vía. Son, sin embargo, reducidos y se podrían aminorar con mejoras en la vía.

Los accidentes debidos a la vía se presentan con más frecuencia por defectos de alineación y nivelación de los rieles, el mal estado de las traviesas, la falta de placas de asiento, la carencia de firmeza por falta de balastro.

Los accidentes imputados a transporte son básicamente aquellos causados por fallas humanas. Cuenta dentro de estas, el exceso de velocidad, incompetencia de algunos jefes de estación, deficiencias en la operación de las máquinas, mal cargue, etc.

Los accidentes imputados a los talleres de deben principalmente a fallas detectadas en el material rodante.

TRANSPORTE DE PASAJEROS

El transporte de pasajeros en la línea Bogotá - Belencito fue muy activo en su momento; unos pasajeros se movilizaban entre las estaciones extremas, otros principalmente entre Tunja, Duitama y Belencito. Fué muy importante el transporte de pasajeros suburbanos, llamados "a contrato" entre Duitama y Sogamoso.

El ferrocarril Bogotá-Belencito es muy propicio para el transporte de pasajeros. Las condiciones topográficas suaves, sin pendientes extraordinarias, facilita la operación del Ferrocarril y de los autoferos con sus respectivos remolques.

En la red nacional de Ferrocarriles y particularmente en la línea Bogotá-Belencito, la movilización de pasajeros en el decenio de 1960 alcanzó un éxtio notable. La gente usaba el servicio por su comodidad, su versatilidad y la facilidad que le ofrecía de transportar conjuntamente sus cargas, menajes y equipajes, a lo largo de la vía férrea.

La empresa de ferrocarriles, consciente de que éste era un factor de importancia para la movilización de pasajeros, aplicó una política sana, fue así como estimuló el cumplimiento de horario de trenes, atendió a la seguridad del servicio, creó servicios acordés con las necesidades de los usuarios, programo el movimiento de trenes y autoferos con gran flexibilidad.

En esta forma se operaron trenes rápidos y generales, lo mismo que servicio de autoferos durante toda la semana. Los viajes se programaban diariamente debido a la gran demanda. Los resultados de la coordinación son evidentes en la movilización de pasajeros. Para el año de 1968 se registraron entre Bogotá y Belencito 28.620 pasajeros.

Pero sin duda las ciudades de Tunja, Duitama y Sogamoso fueron los puntos más importantes en la movilización de pasajeros. Lograron elevar sus servicios y atender 40 000 pasajeros por año como se puede apreciar en el cuadro No. 3. Se observa que el año 1965 fue el de mayor movilización en las estaciones de Tunja, Duitama y Sogamoso.

Paralelamente los servicios de transporte por carretera comenzaron a mejorarse; fueron incrementando el número de pasajeros en desmedro de los ferrocarriles que comien: an a declinar. En 1970 movilizan escasamente 2.169 pasajeros por año; hasta llegar a hoy cuando se ha cerrado el servicio de pasajeros por ferrocarril.

Otro servicio que prestaron con eficiencia los ferrocarriles, ya en el decenio de 1970, fue el de pasajeros a contrato, entre las ciudades de Duitama y Sogamoso, con recorrido de 23 km. por lo que puede considerarse un servicio sub-urbano. Puede observarse el movimiento en el cuadro No. 4

TRAFICO PASAJEROS LINEA NORDESTE 1965-1969

ESTACIONES	1965		1966		1967		1968		1969					
	Pasaj. llegados	3809	20.914	Pasaj. salidos	2.662	17.166	Pasaj. salidos	2.088	12.187	1.062	7.674	Pasaj. salidos	334	2.960
TUNJA														
DUITAMA	4.659	7.102	3.255	4.593	2.259	3.710	1.425	2.563	674	1.801				
SOGAMOSO	7.015	4.242	4301	2.806	3.561	1.822	2.892	929	1.892	560				
TOTAL	15.483	32.258	10.218	24.565	7.908	17.719	5.379	11.166	2.900	5.321				

FUENTE: FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA

CUADRO No. 4

FERROCARRIL DEL NORDESTE PASAJEROS A CONTRATO 1970- 1975

SECTOR	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Duitama-Sogamoso-Belencito	853.700	847.800	982.950	976.700	966.900	966.190
Incremento porcentual año por año	- 0 -	0.01%	1.16%	0.01%	0.01%	0.01%
Incremento porcentual con base a 1970	- 0 -	0.01%	1.015%	1.14%	1.13%	1.13%

FUENTE: FERROCARRILES NACIONALES

El movimiento fue voluminoso, en 1972, por ejemplo, se movieron 982.950 pasajeros, el registro más alto del período. Se movilizaban trabajadores de las Acerías Paz del Río S.A. Fue un servicio que se prestó durante 6 años.

MOVIMIENTO DE CARGA

La línea Bogotá-Belencito está considerada en informes del Banco Mundial como uno de los tres desarrollos ferrocarrileros principales, de acuerdo con las expectativas y la producción de carga generada en la zona industrial boyacense. Pesa en el pronóstico la nueva producción de Cemento en Paz de Río, calculada en un millón de toneladas para mediados de 1980.

Mientras tanto, el ferrocarril Bogotá-Belencito muestra un drástico descenso en su tráfico y en las toneladas de carga remesada. En 1975 transportó 75.590 toneladas que representaban el 2.6% de las toneladas kilómetro netas transportadas en las diferentes líneas del país, en tanto que en 1980 apenas transporto 23.643 toneladas que representaron 1,8% del total nacional transportado. El comportamiento del tráfico se aprecia en el cuadro No. 5.

CUADRO NUMERO - 5 -

FERROCARRIL BOGOTA-BELENCITO - (Total de carga remesada en la Línea)

<u>Año</u>	<u>Tonelada</u>	<u>Tonelada Km.</u>	<u>%</u>
1975	75.590	30.871.162	2.6
1976	82.484	36.395.399	3.00
1977	77.004	30.773.804	2.4
1978	45.186	17.798.441	1.4
1979	37.448	23.287.244	2.1
1980	23.643	15.852.228	1.8

La cuarta columna muestra el porcentaje respecto al total de toneladas kilómetros netas remesadas en las diferentes líneas.

FUENTE: FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA

La baja dramática en el tonelaje transportado no se debe a cuestiones de demanda de servicio por parte de la industrias sino a "la incapacidad de los Ferrocarriles de atender ese tráfico", como lo reconoce la misma Empresa de Ferrocarriles Nacionales.

Los cálculos de carga indican que considerando únicamente el tráfico Belencito-Bogotá; Bogotá-Belencito Bogotá-Tuta y Sogamoso-Bogotá en 1985 habrá una demanda para ser satisfecha por ferrocarril de 4.500 toneladas diarias, que crecerá en el orden del 10 por ciento anual y llegará a 6.500 toneladas día en 1990.

CAPACIDAD DE CARGA

Ante esta demanda el ferrocarril Bogotá-Belencito está hoy en día muy limitado para atenderla por las condiciones precarias de la vía. Pero en condiciones normales, el mencionado ferrocarril tiene capacidad para transportar 6.000 toneladas diarias. Llamamos condiciones normales al estado satisfactorio de la vía, las condiciones

geométricas actuales y la tracción con locomotoras diesel. Obviamente al electrificar la vía, la capacidad de carga aumentaría. La estimación de la capacidad de carga del ferrocarril ha sido hecha aplicando la fórmula de Scott, con una velocidad promedio de 30 km. p.h. Constatamos que el Ferrocarril puede atender cómodamente la demanda de carga hasta el año 2.000 y aún más allá.

REHABILITACION DE LA VIA

Los Ferrocarriles Nacionales calculan en \$1.549'879.000 el costo necesario para cubrir la rehabilitación de la línea Bogotá-Belencito; para el efecto han hecho cálculos minuciosos que comprenden alcantarillas, cunetas, muros, obras de estabilización, cambio de rieles, traviesas, placas de asiento, balasto, campamentos, etc.

El costo se resume en los siguientes términos: (miles de pesos:

Infraestructura	\$	64.579
Superestructura		1'390.678
Cambia-Vías		15.103
Soldadura en Talleres		7.522
Estaciones y campamentos		<u>72.000</u>
TOTAL		<u>\$1'549.879</u>

A estos costos será necesario agregar los de la electrificación para obtener el valor total del proyecto cuya factibilidad se estudia.

CAPITULO VIII

EL FERROCARRIL BELENCITO - PAZ DE RIO

Las industrias siderúrgicas, por la naturaleza de su trabajo, deben movilizar cargas necesarias para su funcionamiento. Aquellas empresas que hacen el transporte por sí mismas, hace mucho tiempo adoptaron en sus ferrocarriles la tracción eléctrica. En Colombia, las Acerías Paz de Río S.A. no son excepción.

El Ferrocarril Belencito-Paz del Río propiedad de la Empresa, es actualmente el único del país que opera con tracción eléctrica. Es prácticamente una prolongación del ferrocarril Bogotá-Belencito. Fue diseñado por la compañía TRINDEL de París, montado y mejorado por técnicos colombianos. Es una muestra de la capacidad técnica de nuestros profesionales que han demostrado su habilidad para montar y operar un ferrocarril de acuerdo con las condiciones locales. Han aportado un sistema de transporte idóneo y eficaz fuente útil de experiencia, aleccionadora y positiva. Con su ejemplo dan un modelo práctico de lo que se puede hacer en Colombia en electrificación férrea y no sirve para argumentar en este estudio de prefactibilidad sobre las ventajas que traería electrificar la línea Bogotá-Belencito. Exponemos la experiencia de Paz de Río siguiendo las indicaciones del ingeniero José Luis Escobar, uno de los constructores de aquella obra ejemplar.

EL ESTUDIO

A finales del decenio de 1950 los técnicos de la siderúrgica comenzaron los estudios conducentes a sustituir en la línea la tracción de vapor por la tracción eléctrica. Las razones que los movían eran de orden técnico y económico. El ferrocarril eléctrico comenzó a funcionar en 1964. Los beneficios de la decisión se han podido comprobar a lo largo de estos 18 años de operación constante del sistema.

El estudio comparó la eficiencia de las locomotoras de vapor con las eléctricas. Se encontraron numerosas ventajas para adoptar el sistema eléctrico, entre ellas la facilidad de conducción y sostenimiento de la operación, su suficiente capacidad de tracción, el alto rendimiento y el factor amplio de utilización de la línea.

El obstáculo inicial para iniciar la electrificación consiste en el costo elevado de las inversiones e instalaciones fijas, representadas en subestaciones, líneas de alimentación, catenarias y otras.

El costo de las instalaciones depende básicamente de la intensidad con que se utilicen; el factor de utilización depende del número de trenes que corran en la vía, quiere decir que, en términos económicos y de rendimiento, la viabilidad de electrificar un ferrocarril depende del tráfico que haya en la vía.

De esa manera se estableció que hay un tráfico mínimo a partir del cual se justifica la electrificación de una línea férrea. Ese tráfico exige como mínimo una disponibilidad de carga de alrededor de 4.000 toneladas diarias.

Las anteriores consideraciones y otras más, demostraron que la electrificación de la línea férrea Belencito-Paz de Río era rentable. Se procedió a realizar los estudios técnicos, luego las construcciones, finalmente la operación del sistema en la forma en que se encuentran en la actualidad.

EL FERROCARRIL

El ferrocarril de la siderúrgica une la planta industrial situada en Belencito con las minas de carbón y hierro localizadas en el municipio de Paz de Río, distantes entre sí unos 40 kilómetros. La línea corre a lo largo del Cañon del Chicamocha; contando apartaderos y líneas en patios, alcanza unos 100 km. de longitud total; hoy se extiende 7 km. más.

El ferrocarril es de una sola vía, con apartaderos en cada extremidad y vías de cruzamiento en las tres estaciones intermedias, Corrales, Peña Blanca y Tasco; es de la llamada "trocha angosta" o de "yarda", de 914 mm. con rieles de 75 Kg./yardas de 12 metros de longitud, en parte soldados hasta tres barras. Tiene 146 curvas radio mínimo de 102 m. y un tramo de 2.500 m. de longitud con pendiente cercana de 3%. Transporta un promedio de 3.200 toneladas diarias, lo opera un total de 270 personas.

DATOS TECNICOS

Para electrificar el Ferrocarril Belencito-Paz de Río se adoptó el sistema monofásico a 25.000 V. 60 Hz. Es un sistema que está bien desarrollado y experimentado en Europa, principalmente en Francia.

El ferrocarril cuenta con cuatro elementos básicos que forman las instalaciones fijas:

1. Subestación Elevadora de Belencito (3 transformadores de 6.500 KVA trifásicos; 13,8/35 KV.
2. Línea de Transmisión a 33 KV. de 17 Km. de longitud, con 2 ternas trifásicas, una para la tracción y una para las minas de Paz de Río.
4. Subestación reductora y alimentadora: situada a la mitad de camino entre Belencito y Paz de Río. Está compuesta por tres transformadores de 3.000 KVA monofásicos: 35/25KV. dos montados en conexión Scott y uno de reserva; un disyuntor de polos separados, 35 KV. 500A capacidad de corte a 35KV 600 MVA un transformador para los servicios auxiliares 35 K X /220 - 127 V. 10 KVA; dos disyuntores unipolares para la protección de las salidas a 25 KV. un control remoto para hacer la operación de la subestación desde la Estación Peña Blanca.
4. Catenaria

La catenaria es el sistema de hilos metálicos de donde la locomotora toma corriente eléctrica para moverse del Ferrocarril a Paz de Río. La catenaria constituida según diseño corriente de líneas de contacto típicas para 25 Kv. y frecuencia industrial, en este caso de 60 Hz. Consta de dos ramas independientes a partir de la subestación especial: Una en el sentido Belencito y otra en el sentido Paz de Río.

El sistema de catenaria consta de tres partes: el cable portador, el hilo y los postas que sostienen los hilos.

El cable portador es de una aleación de bronce y estaño, esta compuesto por 37 hilos de 15/10 mm., con diámetro de 10,5mm., y 65 mm² de sección; pesa 0,60 kilogramos por metro, aguanta antes de romperse, una tracción de 4.300 Kg., tiene una conductibilidad de 60%.

El hilo de contacto es de cobre duro electrolítico de 98% de conductibilidad, tiene

un diámetro de 12.24 milímetros y una sección de 107 mm². presenta dos ranuras que sirven para fijar los pendulos del cable cortador; por parte inferior queda libre para que por ellas se deslice el pantógrafo de la locomotora.

El peso unitario del cable portador, el hilo de contacto y los péndulos, es de 1,6 Kg., y la sección patrón de 144 mm².

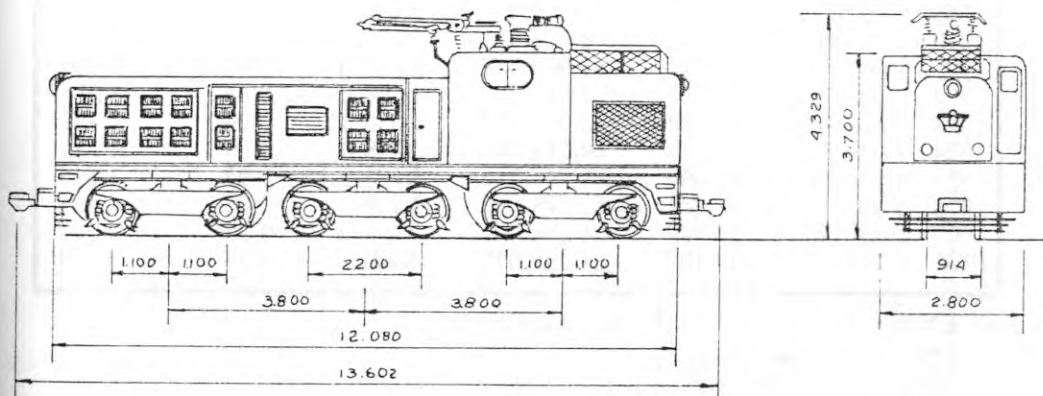
Los postes que sostienen los cables son de acero; su aislamiento se asegura por medio de aisladores macisos de porcelana.

Los tramos de catenaria tienen la longitud variable que puede llegar hasta 1.400 metros y su tensión mecánica se mantiene a 1.000 Kg. por medio de equipos tensores automáticos, graduados para que conserven aquella tensión entre -20 grados centígrados y + 50 grados centígrados

LOCOMOTORA B. B. B. PAZ DE RIO

El Ferrocarril Belencito-Paz de Río dispone de seis locomotoras eléctricas que fueron construidas especialmente en Francia en 1957 por la compañía ALSPHOM, comenzaron a trabajar en 1964.

Las locomotoras son de tipo BBB, monocabina de 1.350 H.p. cada una; estan destinadas a remodelar trenes mineros de 700 toneladas brutas, admiten pendientes máximas de 1.6% pueden desarrollar una velocidad máxima de 60 K. p.h., pesa cada una 84.000 kilogramos, de ellos 43.500 corresponden a la parte mecánica, 28.500 a equipos eléctricos, 9.750 a lastre y 2.600 a varios.



El equipo eléctrico de las locomotoras es de tipo grupo monocontinuo. Los 25.000 V. se transforman en 2.000 V. que alimentan un motor asincrónico que a su vez mueve una generatriz principal de corriente continua. Esa generatriz alimenta en paralelo

los 6 motores de tracción. Tiene un sistema de recuperación que funciona en cuanto la generatriz excede las 1.200 r.p.m.

Las locomotoras pueden funcionar en unidad doble para remolcar trenes de 1.400 toneladas; en este caso sólo la locomotora de adelante trabaja en recuperación.

OPERACION

En 1968 el ferrocarril operó 2.432 trenes y movilizó 939.000 toneladas, como se aprecia en el cuadro No. 1, once (11) años después, en 1978 movió 4.314 trenes y transportó 1'032.488 toneladas netas. En los once años registrados el ferrocarril ha movilizado 10'422.055 toneladas, a razón de 947.460 por año y 2.596 por día.

El ferrocarril puede movilizar diariamente 10.000 toneladas netas que corresponden a 18.200 toneladas brutas. La circulación de trenes puede hacerse durante dos turnos de ocho horas, o sea diez y seis horas por día. Los trenes corren a un promedio de 23 Km.-H. en viaje redondo. El costo de tonelada kilómetro transportada es de \$4.00 valor por las condiciones de explotación del ferrocarril privado de Acerías Paz del Río.

CUADRO No. 1

CIFRAS DE OPERACION FERROCARRIL BELENCITO

1968 - 1978

AÑO	TB	TN	TKBR	MWH	C. Esp.	No. Trenes
1968	1'673.455	939.005	56.897.471	2.680,5	0,05	2.432
1969	1'701.235	809.342	57'366.537	2.647,6	0,05	2.672
1970	2'015.255	915.612	68.518.671	2.988,0	0,04	2.639
1971	1'822.843	822.322	61'976.652	2.625,0	0,04	3.336
1972	2'126.096	973.411	72'287.269	3,120,6	0,04	4.216
1973	2'152.983	1'002.059	73'201.433	3.036,3	0,04	4.426
1974	1'949.525	909.939	66.284.200	2.748,0	0,04	4.156
1975	1'736.206	1'005.046	60.'767.213	3.121,2	0,05	4.446
1976	1'805.835	1'062.421	63'204.225	3.208,3	0,05	4.464
1.977	1'607.681	950.410	56.268.834	2.938,5	0,05	4.162
1978	1,764.345	1.032.488	61.752.075	3.181,8	0,05	4.314

FUENTE: ACERIAS PAZ DEL RIO S.A.

TB - toneladas brutas

TN - Toneladas netas

TKBR - Toneladas - kilómetro bruta remolcadas

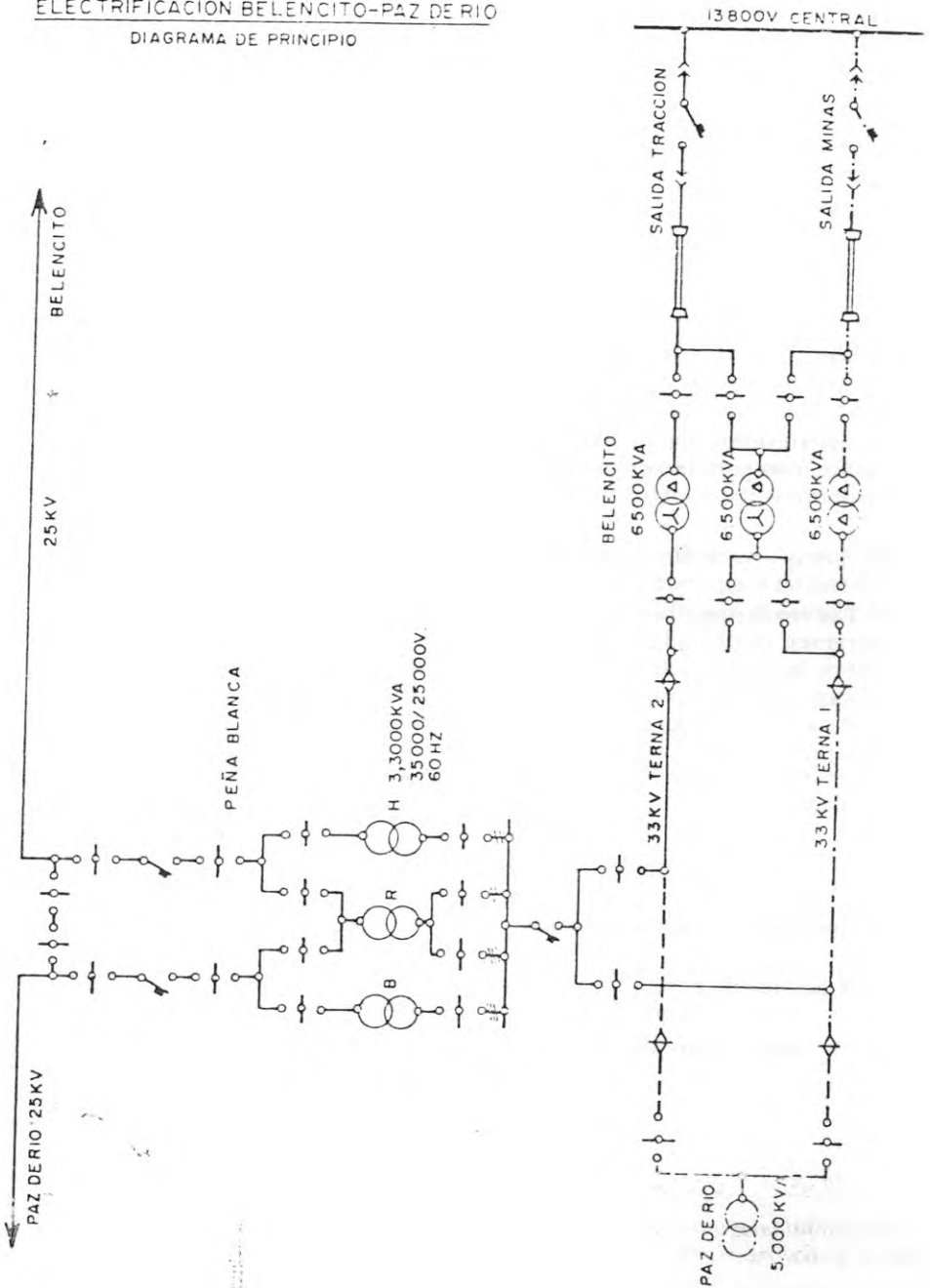
MWH - Megavatios - hora

C. esp - Consumo específico

NOTA: No se consideran los años de 1979 y 1980 por irregularidades en la explotación de la vía. Las cifras de 1981 estan en proceso.

ELECTRIFICACION BELENCITO-PAZ DE RIO

DIAGRAMA DE PRINCIPIO



RESULTADOS

Después de 18 años de operación continua las ventajas de la electrificación en el ferrocarril Belencito-Paz de Río han sido satisfactoriamente comprobadas. Las economías han sido importantes. Baste citar el ahorro de energía.

Al comparar los tres sistemas de tracción corrientes en Acerías Paz de Río se han establecido los consumos específicos de energía así:

Tracción eléctrica	37,84 cal /TKBR
Tracción Diesel eléctrica	110,30 cal /TKBR
Tracción Vapor	2.828,00 cal /TKBR
(Cal-calorías; TKBR- Tonelada Kilómetro bruta remolcada).	

Datos que demuestran las ventajas de tracción eléctrica sobre los otros sistemas. Se está trabajando en la electrificación de las vías importantes en una longitud adicional de 7 kilómetros, para lo cual se diseñó una catenaria económica equipada con hilo de contacto único regularizado. La economía con esta mejora es del orden de 40% en cobre, comparada con la catenaria clásica.

RECOMENDACION

Los resultados obtenidos en la ya larga experiencia del Ferrocarril de Paz de Río permiten recomendar su aplicación a otros sectores férreos del país, especialmente donde la densidad de tráfico sea considerable. El desarrollo eléctrico colombiano está en capacidad de contribuir a la economía del transporte y a la economía energética, si una parte de la energía eléctrica generada se destina a la movilización de trenes en vías principales y en ramales suburbanos en las ciudades capitales. Sería una manera de resolver en parte el transporte de carga y de pasajeros, esto en los grandes centros poblados.

CAPITULO IX

ELECTRIFICACION DE LA LINEA BOGOTA-BELENCITO

La electrificación del ferrocarril Bogotá-Belencito, se plantea en este estudio a lo largo de los 258 kilómetros comprendidos entre la estación Chicamocha en Belencito y la Estación kilómetro 5, a esa distancia de la estación de La Sabana en Bogotá.

El estudio plantea la electrificación del ferrocarril con las especificaciones y características de la infraestructura actual. Hace también reflexiones sobre la electrificación en caso de que la vía se ensanche de trocha angosta a trocha "Standard".

Para la electrificación del Ferrocarril del Nordeste se adopta a priori una tensión monofásica de 25.000 V. a una frecuencia industrial de 60 Hz, que es normal en Colombia; se ha desarrollado permitiendo conexión directa de las líneas de tracción a las redes de energía del país.

Esta tensión monofásica esta garantizada por la experiencia; fue puesta en práctica en Francia entre los años 1951-1952, específicamente sobre la línea de ensayo Aix-les Bains- Annency, donde demostró sus aceptables cualidades; allí se decidió formalizar la tensión a 25.000 V. con una tensión máxima de 27.500.

El sistema de electrificación previsto para la línea Bogotá-Belencito prevé un conjunto de subestaciones, las líneas de contacto, soportes y contacto para las líneas y decisiones sobre el número y características de las locomotoras. incluye el sistema de telecomunicaciones.

SUBESTACIONES

Para el proyecto de electrificación se prevé la ubicación de 3 subestaciones monofásicas a 60 Hz a lo largo del trayecto propuesto de 258 Km.

Una subestación estaría situada en Termo-Paipa donde se tiene el punto con mayor potencia de corto-circuito y el mínimo de desequilibrio.

Una subestación en Suesca y otra en Tierra Negra.

La zona de la influencia de la estación de Termo-Paipa esta comprendida entre las abscisas K 184 Tunja y K263 Belencito.

La zona de influencia de la subestación de Tierra Negra está comprendida entre las abscisas K-110 La Nevera y K184 Tunja.

La zona de influencia de la estación Suesca esta comprendida entre las abscisas K5, cerca de la estación de La Sabana de Bogotá y el 110 La Nevera.

El cuadro No. 1 muestra los elementos constitutivos de cada subestación.

CUADRO No. 1
SUBESTACIONES, POTENCIA MEDIA DE ENERGIA CONSUMIDA

Subestación	Energía diaria (MWH)	Energía anual (MWH)	Potencia pico (KW)
TermoPaipa	149,96	54.736	18.000
Tierranegra	159,60	28.254	18.200
Suesca	128.88	47.041	16.200

FUENTE: ACERIAS PAZ DE RIO S.A.

Cada subestación estará compuesta por los elementos básicos que la componen entre ellos Cuchillas de puesta a tierra, descargador de sobretensiones, carga de los servicios auxiliares, banco de baterías, transformador de servicios auxiliares de 25.000/220V. relé diferencial, relé de distancia tipo MHO, relé de sobrecorriente, relé de disparo, relé de cierre. especificaciones complementarias son las que muestra el cuadro No. 2

CUADRO No. 2
FERROCARIL BOGOTA-BELENCITO
SUBESTACIONES ELEMENTOS Y ESPECIFICACIONES

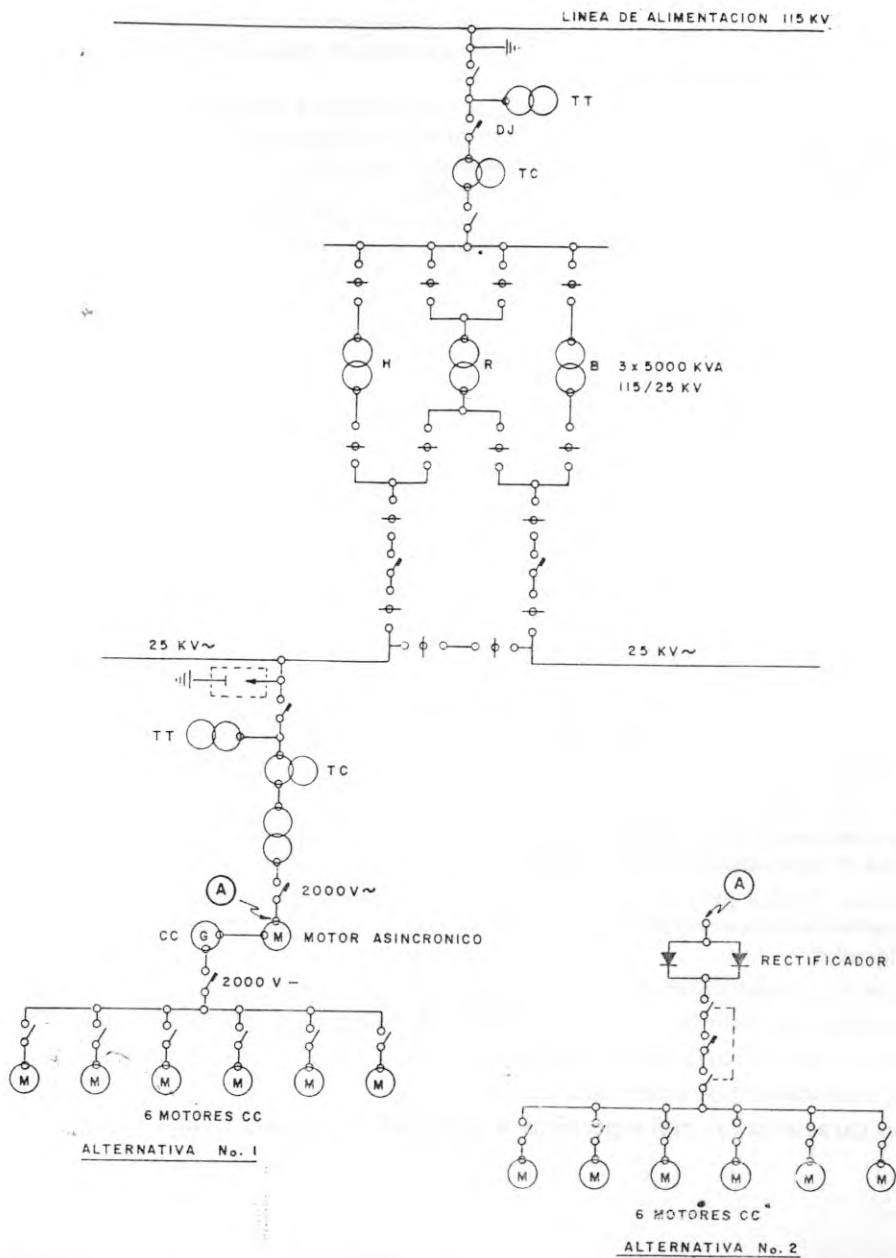
Elemento	S/E Suesca	S/E Tierra Negra	S/E Termopaipa
Transformador Principal	10MVA115/25,OKv.	15MVA,115/25,OKv.	12MVA,115/27,5
Interruptor lado De alta tensión	115,Kv,108,7MVA	115Kv,218,4MVA	115Kv,197,6KVA
Seleccionador lado De alta tensión	115Kv,100A	115Kv 1.100A	115Kv,1.000A
Seccionador lado de baja tensión	25Kv,3.800A	25Kv, 4.600A	25Kv, 4.200A
Interruptor lado de baja tensión	25,Kv,94,9 MVA	25Kv 114.6MVA	25Kv 103,75MVA

FUENTE: ACERIAS PAZ DE RIO S.A.

LINEA DE CONTACTO

Teniendo en cuenta las características de la línea, las velocidades corrientes de los

DIAGRAMA UNIFILAR. TREN ELECTRICO.



trenes y las secciones de cobre mínimas necesarias se prevé como línea de contacto para las locomotoras una línea catenaria económica que se define como "un simple hilo de contacto, (hilo trolley) regularizado, a 25 Kv., 60 Hz.

El comportamiento de este hilo ya ha sido ampliamente experimentado en algunos tramos del ferrocarril Belencito-Paz del Río, donde se instaló un simple hilo de 107 milímetros² de sección transversal.

Para utilizar este equipo particularmente económico a velocidades superiores fue necesario suprimir los puntos duros que se forman en el paso por los postes o soportes y dar a la línea una cierta elasticidad. Esto ha sido posible sujetando el hilo de contacto a las ménsulas horizontales aislados, por medio de una suspensión flexible construída con cable, de 8 a 10 metros de longitud y por otra parte, asegurando entre 0 grados centígrados y + 15 grados centígrados la regularización de la tensión mecánica del hilo de contacto que se ha llevado de 1.000 a 1.500 Kg. El espaciamiento máximo entre soportes se ha podido aumentar de 31.5 metros a 54 metros, y los soportes exteriores en las curvas de radio inferior a 400 metros constan solamente de un llamamiento o atirantado aislado directo.

Los cambios mecánicos con aparato tensor o traslapos de catenarias, se hacen cada 1.400 metros, y han sido igualmente simplificados esto es, tales cambios se hacen sobre 2 espacios en lugar de 4.

En fin para limitar las consecuencias de un daño se hace un anclaje fijo o anticaminante colocado en la mitad de cada cambio mecánico o traslapo.

La aplicación de una nueva técnica en la electrificación de los ferrocarriles que utilice la corriente alterna monofásica de 25 Kv. a frecuencia industrial, ha permitido gracias a la tensión elevada, hacer economías sustanciales en todas las subestaciones y especialmente en lo que se refiere a la línea de contacto. Las secciones de 500 a 800 mm². de cobre, empleados en la tracción a corriente continua a 1.500 V., se han disminuido a 150 mm² y los esfuerzos ejercidos sobre los soportes en 2/3.

Para reducir el desplazamiento vertical del hilo de contacto durante las variaciones de la temperatura ambiente, peligroso para la toma de la corriente con el pantógrafo, las tensiones mecánicas de los conductores se han regularizado entre 0 grados centígrados y + 15 grados centígrados.

La elasticidad de la línea se ha hecho más constante a lo largo del recorrido por la adición de suspensiones suplementarias hechas con cable llamadas "portadores y".

El hilo Trolley previsto tiene las siguientes características generales:

- Tensión mecánica regularizada a 1.500 Kg. entre 0 grados centígrados y + 15 grados centígrados.
- Espacio máximo entre soportes 63 metros
- Soportes exteriores en curvas con R 400 M. constan de un brazo simple aislado.
- Relevos de catenaria con equipo tensor cada 1.400 metros sobre 2 espacios.
- Anticaminamientos sobre cada tramo.

Sus características más específicas se aprecian en el cuadro N° 3

CUADRO No. 3

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES	SUSPENSION FLEXIBLE BRONCE A 60%	HILO DE CONTACTO COBRE DURO
Sección	35,1 mm	107. mm.2
Diámetro	7,7mm	12,24mm.
Composición	37 hilos de 1,1 n.	Hilo ranurado
Peso por metro	0,32kg.	0,95kg
Tensión de ruptura	2.390 kg	3.905kg
Coefficiente de dilatación	17x10—6	17x10—6
Coefficiente de alargamiento	118x10—6	91X10—6
Tensión de trabajo		1.500
Coefficiente de seguridad		2,6

FUENTE: ACERIAS PAZ DE RIO S.A.

Para minimizar el riesgo de vandalismo a lo largo de las líneas electrificadas y de telecomunicación, se puede introducir el uso de aisladores sintéticos que reemplazan los aisladores clásicos de porcelana o vidrio.

Tales aisladores están contruídos con resina forrada por fibras de vidrio y manguitos de TEFLON.

SOPORTES Y BASES

Al equipar el sistema de contacto solamente con hilo Trolley como queda descrito, el peso disminuye sustancialmente y favorece la labor de soportar dichos elementos. Así se reducen las dimensiones del perfil de los postes.

Los postes previstos son viguetas HEA 160 (con más peso sería 180) de 8.50 m. de longitud, anclados 1.00 metros en la base; exige un volúmen de concreto de 0,80 metros cúbicos. La distancia entre los soportes es función de los radios de las curvas de la línea del ferrocarril. La distancia se aprecia en el cuadro No. 4

CUADRO No. 4

DISTANCIA MAXIMA ENTRE SOPORTES	
RADIOS	ESPACIOS
1.500 m	63 m
1.200 m	58,50 m
950 m	54 m
750 m	49,50 m
600 m	45 m
450 m	40,50 m
350 m	36 m
300 m	31,50 m

FUENTE: ACERIAS PAZ DE RIO S.A.

LOCOMOTORAS

Escoger un tipo de locomotoras y establecer su dimensionamiento para una vía arteria con sus características peculiares, no es tarea fácil. Ello se puede hacer aplicando a la vía modelos ya conocidos de locomotoras o establecer varias alternativas, de acuerdo con las condiciones que tenga o se le quieran dar a la vía ya construida.

Se deben tener muy presentes el peso adherente y el peso por eje, condiciones importancia en el diseño o escogencia de una locomotora.

Se podría pensar en un tipo de locomotoras equipadas con rectificadores de silicio controlados, cual es el tipo que se acomoda a la construcción moderna.

Todos los requisitos técnicos, tanto mecánicos como eléctricos y de arquitectura de locomotora deberan ser objeto de un estudio meticulouso hecho en conjunto con una casa fabricante de locomotoras eléctricas cuya capacidad y experiencia sean ampliamente conocidas.

De acuerdo con la gráfica de movilización de trenes se pueden deducir que son necesarias cuatro locomotoras para operar simultáneamente.

Sin embargo, la experiencia que se ha tenido durante 20 años en la operación del ferrocarril eléctrico de Acerías Paz de Río, indica que para dotar adecuadamente una línea electrificada es necesario disponer de un 10% adicional del No. de locomotoras para reemplazar las que se encuentran en diversos tipos de mantenimiento y atender cualquier daño accidental, por lo tanto, para la operación propuesta en el ferrocarril del Nordeste, son necesarias 6 locomotoras para garantizar un tráfico confiable.

Para la vía actual de trocha angosta, de 914 milímetros, curvatura conservada con radios mínimos de 150 metros, rieles de 36 Kg.m, gálibos de paso libre actuales, una locomotora tipo B.B. sería la más recomendable. Su empleo implicaría:

- Bajo peso adherente
- Baja carga por eje
- Necesidad de un mayor número de unidades para mover los trenes propuestos.

Una locomotora tipo C.C. sería aceptable si se mejorasen las condiciones actuales de curvatura, puesto que podría tener:

- Buen peso adherente
- Mayor carga por eje
- Necesidad de un número proporcionado de locomotoras

Sus características aproximadas serían:

- Tipo:	CC.
- Potencia continua	1.320 KW
- Potencia uni-horaria:	1.560 KW
- Peso adherente:	90 t.
- Carga por eje:	15 T
- Velocidad Máxima	75 K.p.h.
- Esfuerzo de tracción máximo al enganche:	20.000 Kg.
- Factor de Potencia:	0.85
- Tensión de alimentación	25.KV., 60 Hz
- Frenado:	Por recuperación
-Servicio:	Mixto

En el caso de que se considerara la alternativa de trocha normal o "Standard", de 1.435 mm. de ancha las especificaciones serían otras que se consignan a continuación, teniendo en cuenta para este caso curvas mejoradas con radios mínimos de 200 metros, rieles del orden de 60 Kg. /m. y gálibos de paso libre mejorado.

La determinación del peso adherente de las locomotoras, se hace sobre algunas consideraciones. Sin duda alguna se trata de una primera apreciación que luego, teniendo en cuenta condiciones de tráfico y de explotación más precisas, se puede refinar para luego establecer cual es el tipo de locomotora apta para este tipo de línea. Es bien sabido que cada línea exige un tipo especial de unidades tractoras.

En el caso considerado:

- La pendiente máxima que debe escalar la locomotora con su carga bruta normal es del 2.2% en sentido Belencito-Bogotá, entre las abscisas K178 y K172, con una resistencia a la pendiente de 22 Kg. sobre tonelada.
- El radio de curvatura mínimo requerido es de 200 metros por lo tanto la resistencia a la curvatura es de 1,8 Kg. sobre tonelada.
- El peso bruto del tren es de 1.600 toneladas.
- Cuando la vía esta seca y permite una buena adherencia, la velocidad de ascenso es del orden de los 20 k.p.h. y para tal velocidad la resistencia del rozamiento, es de 2,45 kilógramos sobre tonelada.
- Coeficiente de adherencia 368K sobre tonelada.

En tales condiciones, la resistencia al movimiento es de 26.25 Kg. sobre tonelada y

el peso adherente de la locomotora es de 116 toneladas; en cifras redondas 120 T. Se trata de una locomotora con adherencia total de 6 ejes motrices.

La potencia aproximada de la locomotora se ha calculado teniendo en cuenta las condiciones normales de funcionamiento en el sentido de marcha Belencito-Bogotá, remolcando un tonelaje bruto de 1.600 T. a una velocidad de 65 K. p.h., basada en la organización del tráfico previsto para mover las cargas disponibles.

Las potencias y características se resumen así:

- Tipo:	CC.
- Potencia continua:	6.400 Kw.
- Potencia uni-horaria:	7.375 Kw
- Peso adherente:	120 t.
- Carga máxima por eje	20. t
- Velocidad máxima:	120 K. p.h.
- Esfuerzo de tracción máximo al enganche	43.800 kg.
- Factor de potencia:	0.9
- Tensión de alimentación:	25 KV, 60Hz.
- Frenado:	Por recuperación
- Servicio:	Mixto (Mercancías y pasajeros).

TELECOMUNICACIONES

Las telecomunicaciones a lo largo de la línea y en estaciones terminales son posible mediante tres sistemas; el de línea física, el PLC y por radio.

En ferrocarriles electrificados las líneas físicas de comunicaciones no son recomendables en ninguna forma al paralelismo entre las líneas de alta tensión que requiere el tren y las líneas de comunicación, origina altas tensiones inducidas, impiden usar el sistema en banda baja y crean problemas en los equipos y en las bandas portadoras el mantenimiento, además se hace imposible.

El PLC tampoco es aceptable para usos en ferrocarriles, las trampas para portadoras exigen elementos tales como bobinas y condensadores de gran tamaño; su uso corriente se limita a control de líneas de energía entre estaciones y subestaciones. El mantenimiento es muy complicado porque el ferrocarril dependería para sus comunicaciones de la empresa de energía eléctrica. Este sistema, además carece de flexibilidad en su uso.

El radio es el sistema ideal para estos casos, su flexibilidad es ilimitada, no tiene problemas de líneas, su mantenimiento es sencillo ofrece gran independencia para operarlo.

Adoptado el sistema de comunicaciones por radio como el más conveniente, hemos calculado su costo en 243.400 000 sin semaforización, con esto del costo sube en US\$60.000 dólares. El equipo necesario para el sistema de radio sería, 5 repetidoras, 4 equipos terminales, 20 equipos de estaciones, 20 equipos móviles, 40 pasos a nivel automáticos, el costo incluye el estudio de implantación del sistema de radio y montaje.

PLAN DE INVERSION PARA ELECTRIFICAR EL FERROCARRIL

Para electrificar el ferrocarril Bogotá-Belencito se necesita una inversión de \$3.202.319.000, calculados para ser invertidos entre 1982 y 1986, según lo muestra el cuadro No. 5 elaborado por la unidad de Planeación Estratégica de los Ferrocarriles Nacionales de Colombia. Los tres grandes grupos de inversión son: el arreglo total de la vía a lo largo de sus 258 kilómetros, la instalación de telecomunicaciones y señales por el sistema de radio y la electrificación de la vía incluyendo locomotoras eléctricas. En resumen cuentan (en miles de pesos):

Vías	\$ 1.549.879	48%
Telecomunicaciones y señalización	243.400	8%
Electrificación	1.409.040	44%
TOTAL	\$ 3.202.319	100%

El costo discriminado por factores y por años de inversión es el siguiente:

CUADRO No. 5
FERROCARRIL BELENCITO -BOGOTA
PLAN INVERSION ELECTRIFICACION 1982-1986
 (Millones de pesos)

Item	1982	1984	1983	1985	1986	Total
Infraestructura	16,1	16,1	16,1	16,2		64,5
Superestructura	340,9	355,1	355,1	339,05		1.390,6
Cambia-vías	15,1					15,1
Soldadura en Talleres	1,9	1,9	1,9	1,9		7,6
Estaciones y campamentos	18,0	18,0	18,0	18,0		72,0
Telecomunicaciones y señalización	60,8	60,9	60,8	10,9		243,4
Subestaciones			21,6	21,6	21,6	64,8
Línea de contacto			220,1	220,1	220,1	660,3
Línea de contacto					684,0	684,0
Locomotoras eléctricas (1)			693,6	678,2	925,7	3.202,3
TOTAL	452,8	452,8	693,6	678,2	925,7	3.202,3

FUENTE: FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA

COSTO DE TRANSPORTE

El costo el transporte de carga (o flete) por tren eléctrico por la vía Bogotá-Belencito lo calculamos en \$5,69 tonelada/Km. Este costo está representado por la suma de:

1. El costo operativo; 2. El costo de inversión y 3. Una suma equivalente a los gastos generales o de administración, comunmente conocidos con el factor AIU. Para llegar al detalle final del costo por tonelada/Km. de \$5,69 es preciso entonces, explicar cada uno de los tres componentes.

El costo operativo incluye mantenimiento, fluido eléctrico, depreciación y otros factores.

El mantenimiento de las líneas de contacto y subestaciones cuesta: \$93.982 Km/año X 252 Km. igual \$24.153.374.

Se debe adquirir equipo para efectuar este mantenimiento con un costo de \$5.000.000 CIF Bogotá.

El mantenimiento de locomotoras y material rodante cuesta: \$96.484.370 año.

El fluido eléctrico cuesta \$109.858.203 año así

4.349 toneladas ponderadas/día igual 1.565.802 toneladas ponderadas/año tomando el consumo específico de Paz de Río igual 0,052 KWH/tonelada Km., el consumo en el año será de:

1.562.802 toneladas X 257 km. X 0,052 KWH/Ton-Km igual 20.925.372 KWH/año.

La tarifa se tomará como el promedio de la tarifa diurna \$7.00 KWH y de la nocturna equivalente al 50% de la tarifa diurna.

Tarifa promedio: \$5.25 KWH

Costo anual de la energía eléctrica: \$5,25 KWH X 20.925.372 igual \$109.858.203.

El gasto anual de depreciación es:

	Costo	Vida útil	costo anual de depreciación
Locomotoras	\$ 1.095.503.292	35 años	\$31.300.094
Catenaria	1,057.448.967	50 años	21.148.979
Subestaciones	103.784.522	40 años	2.594.613
Telecomunicaciones y señalización	390.633.410	25 años	15.625.336
Superestructura	1.390.670	30 años	46.355.666
TOTAL			\$117.024.688

El costo total operativo es:

CUADRO No. 6
FERROCARRIL BOGOTA-BELENCITO
COSTO ANUAL DE OPERACION 1985

Mantenimiento de vías, estructuras y edificios	\$ 209.811.303
Mantenimiento telecomunicaciones y señalización	1.921.935
Mantenimiento líneas de contacto y subestaciones	24.153.374
Mantenimiento de locomotoras y material rodante	96.484.370
Costo del fluido eléctrico	109.858.203
Costo del transporte	604.256.552
Depreciación	117.024.688
TÓTAL	\$ 1.163.510.425

FUENTE: FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA

Conocido el valor de la operación equivalente a \$1.163.510.425 al año, es preciso reducir esta suma a un costo diario y relacionarla con las toneladas que se estiman transportar diariamente en los 257 Kilómetros de extensión de la vía. De esta manera el costo de operación por tonelada/km., se deduce de la siguiente forma:

$$\text{Costo de operación diario} = \frac{\$ 1.163.510.425 / 360 \text{ días}}{4.349. \text{ ton/día} \times 257 \text{ Km.}} = \$ 2.89 \text{ ton/Km.}$$

Costo de inversión: Las obras de electrificación del ferrocarril Bogotá-Belencito, están programadas para cinco años, a lo largo de los cuales se demandará una inversión algo superior a los \$3.202 millones de pesos

Conocido el monto total de la inversión, se considera más que la obra obtendrá financiación de 15 años, con intereses del 24% anual y una frecuencia de amortización mensual por pagos correspondientes al servicio de la deuda.

Planteadas de esta manera las condiciones de financiación del valor de la inversión, para llegar ahora a determinar el costo de inversión por tonelada/kilómetro, se requiere obtener la cuota diaria por concepto del servicio de la deuda, la que es igual a la suma de la cuota diaria de intereses más la cuota diaria por concepto de capital. La cuota diaria de interés se obtiene de la siguiente manera.

$$\text{Cuota Intereses mensual} = \frac{\$3.202.3 \text{ millones } (0,24) (15) (12) + 1)}{(2) (144) (14)} = \$32.201.096$$

Cuota de interés diario: $\$32.201.096/30 = \$1.073.370$ día

A su vez, la cuota diaria de amortización de capital (Cn/día), se obtiene de dividir el monto total de la inversión por el resultado de multiplicar el plazo del crédito por la frecuencia de pagos, de la siguiente manera:

$$\text{Cn/mes} = \frac{\$3.202.3 \text{ millones}}{15 \quad 12} = - \$17.790.661/\text{mes}$$

Cn/día $\$17.790.661/30 = \$593.022/\text{día}$

Obtenidos los resultados anteriores, es factible conocer ahora la cuota diaria por servicio de la deuda, así:

Cuota diaria por servicio de la deuda = Cuota diaria por intereses.
 $(\$1.073.370) + \text{Cuota diaria por amortización a capital } (\$593.022) = \$1.666.392$ día

Al relacionar este costo diario con el volumen de carga, equivalente a 4.394 toneladas, y la extensión total de la línea, o sea 257 kilómetros, se obtiene el costo de inversión por tonelada/kilómetro en la forma siguiente:

$$\text{Costo de la inversión} = \frac{\$1.666.392}{(4.349 \text{ ton}) (257 \text{ km})} = 1,49 \$ / \text{ton-km.}$$

Costo de administración (AIU): Finalmente, conviene considerar que el costo de transporte debe incluir una suma destinada a gastos generales o administrativos, partida que usualmente se acepta como el 30% de la suma del costo operativo más el costo de inversión, sea que el Costo AIU = $\$2,89 \text{ ton/km.} + \$1,49 \text{ ton/km} \times 0,30 = \$1,31 \text{ ton/km.}$

El costo final de transporte (o flete) está compuesto por los siguientes tres componentes:

Costo de operación	\$2,89 ton/km.
Costo de Inversión	1,49
Costo AIU	1,31
TOTAL	\$5,69 ton/km.

CAPITULO X

ECONOMIA DEL PROYECTO

La electrificación del Ferrocarril Bogotá-Belencito reporta ventajas de singular importancia para la economía nacional. El estudio de esos beneficios, en efecto, demuestra que el transporte de carga por ferrocarril, en vez de por carretera, produce considerable ahorro tanto en fletes y en el consumo de combustible. Electrificar la vía férrea en lugar de construir la carretera, genera índices muy favorables en materia de recuperación y tasa de retorno de la inversión y de las relaciones favorables de costos en todos los órdenes.

AHORRO

El transporte de la carga por ferrocarril ahorra por concepto de fletes y por consumo de combustibles.

AHORRO POR FLETES

Transportar una tonelada por ferrocarril significa un ahorro de \$6.39 por cada kilómetro recorrido. Recordemos que el flete por carretera es de \$12.08 por ton/km. en tanto que el flete por ferrocarril de apenas \$5.69. El ahorro de \$6.39 por ton/km., genera diariamente una economía de \$7.142.058 significa una economía al año de \$2.571.140.880. Conviene señalar que este ahorro es todavía mucho más significativo por cuanto incluye los gastos correspondientes al servicio de la deuda, tales como intereses y amortización al capital.

AHORRO DE COMBUSTIBLE

La operación del ferrocarril eléctrico demandará un costo total por fluido eléctrico del orden de \$109.858.203 al año, consumo de 20,925,732 Kwh a \$5.25 cada kwh. Por su parte, el transporte por carretera requiere un costo de \$503.193.600 al año, correspondiente al valor del consumo de ACPM de los camiones y tractomulas a razón de 11.648 galones diarios o 4'193.280 galones al año a un precio de \$120 galón.

La diferencia de los costos por concepto de fluido eléctrico y combustible, para el ferrocarril y la carretera respectivamente, arroja, \$393,335,397 al año de ahorro a favor de la vía del ferrocarril.

INVERSION

La inversión necesaria para electrificar el ferrocarril es menor que la inversión requerida para ampliar la carretera Bogotá-Belencito.

La relación entre la inversión necesaria para arreglar la carretera y la inversión para electrificar el ferrocarril es de \$5.814.2 millones/\$3.202,3 millones X100, o sea de 181,5% a favor del ferrocarril, significa que las inversiones necesarias para el proyecto de la carretera son 181,5% las inversiones exigidas para electrificar el ferrocarril.

PERIODO DE RECUPERACION

Uno de los indicadores más usualmente indicados en las decisiones de inversión en proyectos es el número de años requeridos para recuperar la inversión. En proyectos de carácter social, como también es el caso del ferrocarril, el período de recuperación generalmente es de 5 a 7 años y más. En este caso, la economía de \$2.571.1 millones obtenida durante el primer año de operación del ferrocarril eléctrico, hace que la

inversión total superior a los \$3202,3 millones, se recupere en solo 1,24 año, ($\$3.202,3/\$2.571,1 - 1.24$) lapso considerado excepcionalmente corto y satisfactorio, demostrativo de la bondad económica del proyecto.

TASA DE RETORNO

La tasa de retorno de la inversión, dentro de los términos de análisis de valor presente, es un indicador que permite cuantificar el valor que retribuirá el proyecto por cada peso invertido a lo largo del plazo de los años de financiación.

Para este caso, consideramos una tasa de interés del 17% en el plazo de financiación de los 15 concedidos al proyecto; utilizamos el factor 5,324 para cálculos de valor presente.

Con estas consideraciones obtenemos una tasa de retorno de 4,27 resultado de dividir \$2.571, 1 millones (ahorro en un año) por \$3.202.3 millones (inversión¹) multiplicando por 5,324 (factor de valor presente). La tasa de retorno de la inversión la consideramos bastante satisfactoria.

El anterior análisis nos indica que, a lo largo de los 15 años de financiación y amortización del proyecto de electrificación, cada peso que se invierta en él, retribuirá \$4,27 más.

COSTOS

Establecemos a continuación otras relaciones entre los costos de la electrificación del ferrocarril y los de la construcción de la carretera, para demostrar con cada una de ellas las ventajas de la electrificación sobre la carretera.

RELACION DE COSTOS TOTALES

La relación de los costos totales de la carretera (costos de operación anuales año horizonte del proyecto más inversión), con los correspondientes al proyecto del ferrocarril, $\$7.811,4/\$4.364.8$ millones X 100, arroja un 178,9%. Indica que si se optara por la carretera, el costo sería 178.9% el de electrificar el ferrocarril.

RELACION COSTOS DE TRANSPORTE

La relación de los costos por tonelada/kilómetro transportados en la carretera con los del ferrocarril, calculada en 212%, resultado de dividir los 12.08 ton./Km. que cuesta por carretera por \$5.69 ton/km. que cuesta por ferrocarril, indica que los costos por carretera son 2,12 costos de operación por ferrocarril.

RELACION DE CONSUMO ENERGETICO

Si relacionamos el costo del consumo anual energético de las dos vías de transporte, o sea \$503.1 millones para carretera \$109,8 millones para el ferrocarril, encontramos que el consumo energético ocasionado por el transporte carretable es 458% del ocasionado por el transporte férreo.

Este indicador de consumo energético debemos considerarlo de especial significación para la bondad del proyecto, debido a la escasez de derivados del petróleo que se presenta en el abastecimiento de la demanda de energéticos.

RELACION DE COSTOS DE OPERACION

La relación de costos de operación en carretera con los del ferrocarril \$6,01 ton/km. \$2,98 ton/km X 100, es de 208%. Indica que los costos de operación al optar por la solución de la carretera serán un 208% los costos de operación del ferrocarril electrificado.

CAPITULO XI

CARRETERA Y FERROCARRIL DOS MEDIOS QUE SE COMPLEMENTAN

1. Generalidades

En el capítulo anterior se analizaron las ventajas, con la implantación del Tren Eléctrico, que presentan una solución clara y tangible al problema que está originando el movimiento de cargas a granel, dado el grado de saturación vial de la carretera troncal del norte en el sector Bogotá-Belencito; solución, que en primer término arroja un ahorro que asciende a la cifra de 2.570 millones de pesos al año, conllevando beneficios adicionales como el ahorro en combustibles derivados del petróleo, baja en los índices de accidentalidad, contaminación etc.

La bondad del Proyecto con sus rendimientos económicos y el adelanto en materia de transporte harían que Colombia entrara en la era de los desplazamientos modernos propiciando un paso en el desarrollo del país que otros ya dieron hace tiempo con magníficos resultados.

La implantación de este modo de transporte no va a competir en ningún momento con cualquier otro sistema por ser un modo complementario, despejando la inquietud que se pudiera presentar en grupos económicos dedicados a la explotación de otros medios en la región y que por el contrario va a traer beneficios importantes al sector transporte en general y a la totalidad de los usuarios de éste vital medio económico.

Pasaremos a analizar con mayor detalle el grado de complementariedad de los medios de transporte Ferrocarril-Carretera.

2. Volúmenes de Carga a Transportar por los Medios.

En los capítulos anteriores se demuestran que es absolutamente imposible atender el desplazamiento de los nuevos tonelajes que se están generando en el área del Proyecto, utilizando únicamente el medio de transporte actual, volumen de carga que para el año de 1985 llega a las 4.349 toneladas/día, solamente considerando los productos que son susceptibles de ser transportados por ferrocarril (se han tomado en estudio de carga siete productos que son: Terminados de Acero, Hierro Esponja, Cemento, Motores, Carbón, Piedra Dolomita y Fuel Oil) Para este tonelaje es ya necesario implementar y explotar técnicamente dos sistemas, el automotor ya existente y el Férreo objeto de éste estudio; y si tenemos en cuenta el transporte de los otros productos que generan la economía del sector que no se han considerado hasta el momento, (los susceptibles de transporte por medio automotor) llegamos a la conclusión de la correcta complementación de éstos dos medios de transportar, como una medida indispensable para resolver el problema del transporte actual.

El tonelaje total de los productos a transportar por el medio de carreteras tomando como base los índices presentados para el año de 1980 por el Dane, llegan a 1.200.000 toneladas/año procedentes de los sectores agrícolas, ganaderos e industrias pequeñas que están situadas a lo largo del corredor estudiado en el Proyecto.

Esta producción es transportada en su mayor parte hacia Bogotá, principal centro de consumo del país lo que nos asegura un tonelaje diario a transportar por el medio

carretera de 2.500 toneladas día garantizándonos la utilización constante de una flotilla de vehículos.

Por otra parte el flujo de transporte de pasajeros bastante considerable en este sector turístico y comercial nos asegurará aún más la supervivencia en términos económicos de los dos medios de transporte.

3. Abastecimiento del Ferrocarril por el medio automotor

Además de la carga que se ha estimado el transporte automotor o por carretera deberá cumplir con el compromiso de surtir las Centrales de carga del Ferrocarril desde los sitios de producción y su posterior evacuación de los terminales férreos a los

sitios de distribución, tonelaje que exige desde ya el sistema complementario de que hemos hablado. paralelamente se deberá prever la implamtación de flotillas de camiones de tonelaje mediano que harán la alimentación transversal al corredor industrial. Estas consideraciones hacen predecir la necesidad de adelantar Programas específicos de renovación y/o ampliación del parque automotor existente para que en el año horizonte del Proyecto (1985) no se vaya a presentar un cuello de botella por falta de equipos que se encarguen de movilizar el volúmen de carga que se ha presentado inherente al transporte automotor.

Por último y teniendo en cuenta el número de toneladas que hemos estimado a transportar por carretera, y utilizando el camión que se escogió como tipo en el estudio con capacidad de 25 toneladas, se necesitaran alrededor de 100 unidades día lo que asegura la actividad operativa del sector transporte actual, con todas sus ramificaciones como son: Talleres de Mantenimiento, Almacenes de repuestos, Industrias afines, Surtidores etc.

De esta manera llegamos a la conclusión que el Ferrocarril Eléctrico es un medio absolutamente complementario no competitivo de la carretera, que por el contrario para el tonelaje prospectado al año horizonte y teniendo en cuenta que éste Ferrocarril va a ser un generador multiplicador de la producción (el tener los productos una fácil y segura evacuación se llega a un incentivo en la producción), obligará al transporte automotor a ser un medio ágil y efectivo asegurando un sistema de transporte como lo necesita la región y el país.

CAPITULO XII

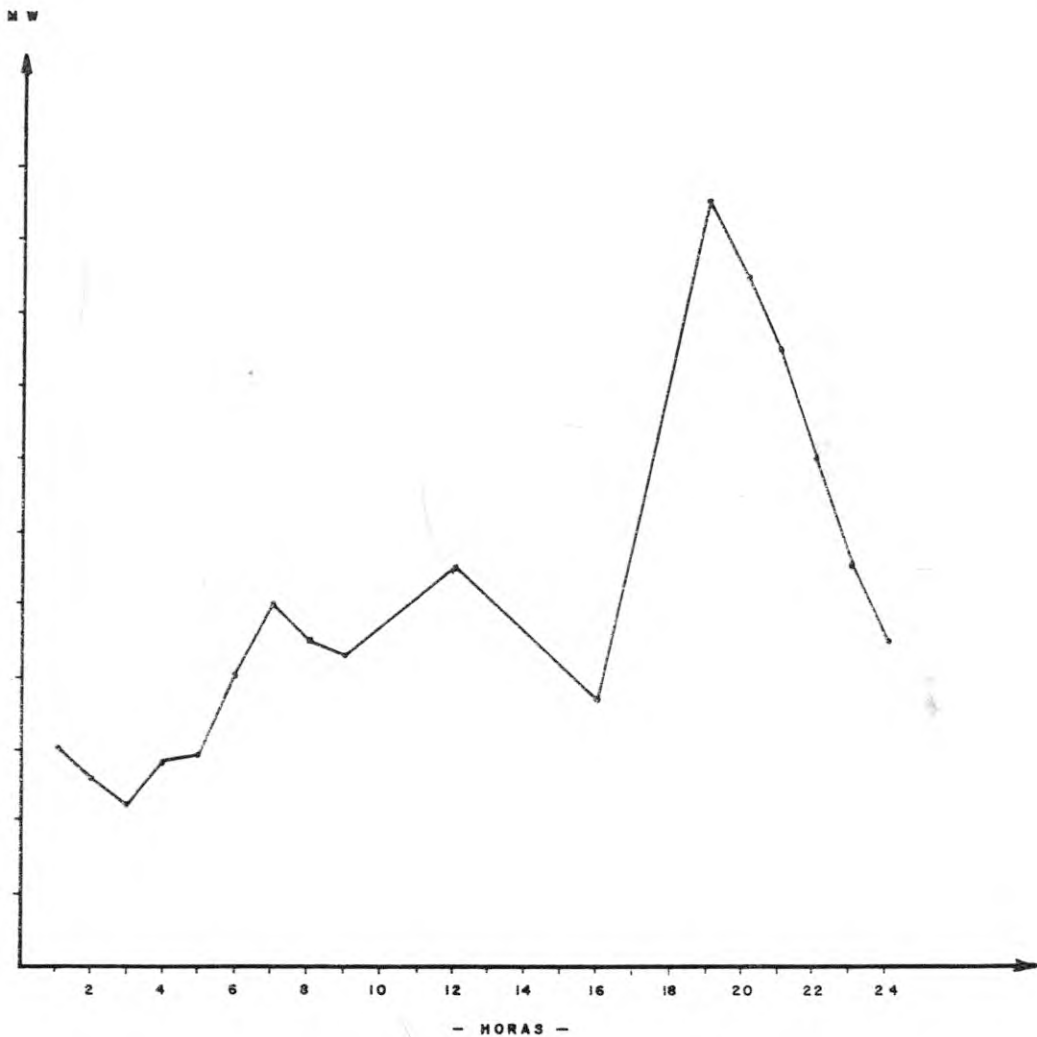
TARIFA ESPECIAL POR ENERGIA CONSUMIDA

Hasta el año de 1980, la tarifa establecida por la Electrificadora de Boyacá S.A., para sus usuarios del Sector Industrial era única independientemente del nivel de consumo del usuario, o del momento en que la energía cobrada era consumida. Esta política tarifaria implicaba un desequilibrio, pues se aplicaba por igual a los consumos en las horas no pico y a los consumos en horas de mayor demanda y son precisamente estos últimos quienes obligan a la empresa a efectuar ampliaciones en su capacidad instalada o a compras de energía más costosa, debiendo ser ellos quienes asuman estos costos y gastos. Se presenta entonces en la práctica un subsidio de los "no pico" a los "pico", a quienes seguramente, si se les cobraran los costos reales, transferirían parte de su consumo a horas de menor demanda.

En un estudio realizado por el Centro de Estudios sobre Desarrollo económico de la Universidad de los andes (1) se dice "cual es la característica especial de la demanda de energía? Que no es constante a través del tiempo. Este fenómeno obliga a distinguir entre cargas de energía y capacidad, y da lugar al problema del pico-no pico-. Existe un problema "pico" cuando para un mismo precio la demanda de energía es diferente según la hora. El hecho de que la demanda de energía sea intermitente, y que varíe según sea de día o de noche, invierno o verano, o según la hora, es lo que hace necesaria la definición de una política de precios diferentes al costo promedio. La idea se basa en que los consumidores que se encuentran en la zonas pico, deben pagar por el gasto que ocasionan en este caso, los costos de capacidad. Las nuevas adiciones dependen de las cargas a la hora pico, y por lo tanto, aquellos que consumen durante esos intervalos son los que pagan por los costos de ampliación. Por su parte, en las horas no pico, el costo está principalmente constituido por los gastos que se incurren en la producción de una unidad adicional de energía, con la capacidad instalada existente".

Ahora bien, la demanda del Departamento de Boyacá presenta claramente un problema "pico", como se ve en la gráfica siguiente.

CURVA DE DEMANDA DE CARGA EN BOYACA



Promedio meses Julio y Agosto 1982. Días hábiles.

Con el propósito de corregir esta situación, en la solicitud de modificación de tarifas que a finales de 1980 se presentó ante La Junta Nacional de Tarifas Públicas, y que ésta aprobó mediante la Resolución No. 030 del 17 de febrero de 1981, se planteó el establecimiento de una doble tarifa, según la cual la tarifa de no pico es un 53.84% de la pico.

Este criterio sinembargo, desconoce un pico, que si bien no tiene la importancia de la noche, se destacan con claridad dentro de la demanda diaria (ver gráfica).

Si consideramos la posibilidad de que el tren eléctrico trabaje especialmente entre las 22 y las 5 horas supuesto que es perfectamente aceptable, tendríamos que los costos de la Electrificadora para la generación de la energía consumida, serían únicamente los costos variables, es decir, combustible más transporte y repuestos para las plantas, ya que dado el consumo del tren, ni siquiera implicaría un aumento en los costos por concepto del personal de mantenimiento.

La estructura de costos de la Electrificadora, históricamente, es la siguiente:

	1979	1980	1981
Salarios y otras remuneraciones	54.716.396	74.395.595	105.534.875
Prestaciones sociales y otros	61.133.571	88.225.885	138.105.343
Combustibles para plantas	138.913.257	256.500.005	330.814.208
Energía comprada	59.106.697	66.718.036	123.733.021
Materiales y accesorios	20.750.077	281.540.247	66.845.993
Seguros	782.371	1.123.066	2.091.535
Otros gastos	14.875.743	23.978.135	46.754.174
Depreciaciones	23.206.844	43.919.012	64.886.597
TOTAL	373,478.158	583.400.104	878.565.752

Como puede verse año a año, el costo de combustibles y materiales es de 42%, 45%, y 48%, respecto al total de costos de operación.

Como se observa el costo de los combustibles crece a una tasa más rápida que los otros costos de operación, tendencia que necesariamente se debe mantener dada la situación internacional del precio del carbón.

En estas condiciones, planteamos el establecimiento de una tarifa diferencial especial para el tren eléctrico, según la cual durante el día y la demanda máxima de la noche, es decir, entre las cinco horas y las 22 horas se pagaría la tarifa normal, y entre las 22 y las 5 horas, una tarifa no pico, del 50% por debajo de la normal. Bajo este supuesto trataremos la tarifa por servicio del tren, supuesto que, viendo la doble ya institucionalizada, juzgamos plenamente aceptable.

CAPITULO XIII

CONCLUSIONES

El desarrollo económico de un país está directamente relacionado con el transporte. Movilizar carga y pasajeros es un factor vital de la vida de un pueblo. El transporte, en efecto, alude materias esenciales, industria, agricultura, ganadería, minería, afecta el conjunto de importaciones y exportaciones, está presente en la cotidianidad del transcurrir de la República.

El transporte, por otra parte, es el sector de la economía que consume mayor cantidad de energía: dentro de este renglón es el mayor consumidor de hidrocarburos. Se considera por eso que la eficiencia del transporte se mide hoy por el ahorro de combustible fósiles y por la eficiencia del servicio. Quién logre unir esos dos factores, ahorro y eficiencia, está cumpliendo un ideal nacional, posible por cierto dentro de las condiciones actuales de la realidad nacional. Debemos deducir que una de las claves del futuro colombiano está en independizar el transporte del uso de hidrocarburos y mejorar la organización de los medios de transporte.

En Colombia el transporte automotor ha tomado en los últimos 50 años un gran auge que lo lleva a estar en la delantera sobre el transporte por ferrocarril que paralelamente ha retrocedido en eficiencia y uso. El transporte automotor usa hoy tractocamiones de 8 a 25 toneladas, los ferrocarriles usan para tracción máquinas accionadas por motores diesel, en trenes que corren por una trocha ferrocarrilera angosta.

El costo de abrir y mantener carreteras, sobre todo el costo de los combustibles derivados del petróleo, sometidos hoy a crisis que previsiblemente será larga, ha puesto a la consideración de la sociedad colombiana la necesidad de retomar la vía ferroviaria, reorganizarla, fortalecerle, ponerla a funcionar eficazmente, sin que eso signifique como lo hemos dicho varias veces, competencia para el transporte automotor ni alternativa sino complemento necesario. Dentro de este amplio criterio, electrificar los ferrocarriles de Colombia es una opción viable y deseable. Sobre todo en un país como Colombia, rico en energéticos para producir grandes cantidades de electricidad entre ellos, agua, carbón, gas, por ahora.

Dentro de este texto general, la electrificación de los ferrocarriles tiene asidero. A escala mundial nos dan ejemplo, el fenómeno se está produciendo con intensidad. Los países avanzados tecnológicamente están mejorando sus líneas ferrocarrileras y, como programa capital, le están dando alta prioridad a la electrificación de sus trenes, como lo vimos extensamente en el capítulo anterior.

Colombia esta preparada para entrar en la fase de la electrificación de sus ferrocarriles. Y emprenderla en el tramo Bogotá-Belencito es un buen comienzo porque se dan bases de orden práctico muy convenientes. Tiene este ferrocarril el antecedente del ferrocarril electrificado entre Belencito y Paz del Río 40 kilómetros de vía experimentada a lo largo de 18 años, con exitoso funcionamiento, fuente de enseñanzas que el presente estudio de prefactibilidad recoge y reivindica como ejemplo incitante concreto, conveniente y práctico.

Demonos cuenta de que la actual carretera entre la Caro y Belencito está agotada: se trata de una vía de una sola calzada con dos carriles, uno de ida, otro de vuelta,

carretera angosta para la demanda generada, saturada con sus 5.000 y más vehículos diarios en algunos tramos, con serios defectos de trazado y construcción, sin señalización válida, sujeta a accidentes según los índices medios que la colocan entre una de las tres carreteras más peligrosas del país, carretera con tráfico de peso superior al que puede soportar, por eso intensamente deteriorada donde los carros corren cada vez a menores velocidades debido a las congestiones con lo cual, de paso, envenenan cada vez más el ambiente con el producto de la combustión letal de los motores. El costo de arreglar la calzada existente y de construir una calzada nueva para atender la demanda casi duplica el costo necesario para electrificar el ferrocarril.

El ferrocarril del Nordeste, de otro lado prestó un gran servicio. Fue un medio activo de movilización de pasajeros y carga, un elemento vivo de la realidad regional boyacense y cundinamarquesa: durante más de 40 años prestó adecuado servicio. De pronto entró en barreno, se abandono hasta encontrarse hoy subutilizado, en circunstancias de que la región lo necesita. Es un ferrocarril susceptible de reparaciones en la línea de ser electrificado, de poner en servicio. Es una obra prioritaria para los departamentos de Boyacá y Cundinamarca y para el país en general.

El ferrocarril esta en capacidad de descongestionar de inmediato la carretera disminuyendo favorablemente la densidad de tráfico a más de la mitad con beneficios directos para el industrial, el comercio y el turismo.

A nivel mundial y nacional está demostrado que el ferrocarril eléctrico es el medio más eficiente de transporte. Disminuye el consumo de energía evita la dependencia del transporte del petróleo amenazado por escasez mundial. El mantenimiento de la carrilera es menor que el de la carretera.

La electrificación reduce costos, baja consumos de energía, regulariza esos consumos de energía. La capacidad de un vagón es 2,3 veces mayor que la capacidad de remolque de un tracto-camión.

Para potencias de locomotoras iguales, la eléctrica tiene mayor carga útil, ya que no necesita transportar combustible.

Las locomotoras eléctricas presentan altos coeficientes de utilización; pueden estar disponibles 23 horas al día, prácticamente en servicio continuo.

Gastos de conducción, servicios y reparaciones de las locomotoras eléctricas son mucho más reducidos que las diesel.

La contaminación ambiental de las locomotoras eléctricas es cero. para una misma densidad de tráfico se necesitan menos locomotoras eléctricas que diesel. Las locomotoras eléctricas son susceptibles de sobre cargas momentáneas; las otras no.

En descenso las locomotoras no consumen energía, antes la producen pues los motores actúan en este caso como generadores.

El ferrocarril electrificado aprovecha racionalmente los recursos naturales renovables y ahorra los no renovables.

La tracción eléctrica pone en las locomotoras menores fallas, mayor vida útil, más altas velocidades, mayor fuerza en altas velocidades, su vida económica es más larga, doble de la vida útil de las diesel.

Todos los factores concurren a advertir las ventajas de la electrificación, que se refuerzan con el siguiente resumen de factores económicos.

CUADRO No. 1
ELECTRIFICACION FERROCARRIL BOGOTA-BELENITO
CUADRO COMPARATIVO, CARRETERA-FERROCARRIL 1986

Item	Tren Eléctrico	Carretera	Beneficio del Tren
Inversión (en miles)	3.202,3 millones	5.814,2 millones	Inversión carretera 185,5% la inversión del ferrocarril
Consumo anual energético (costo) energía eléctrica o comb. líquido (miles)	109,8 millones	503,1 millones	Ahorro 393,3 millones/año costo energético Carretera, 458% el del Ferrocarril.
Costos totales operación anual	1.163,5 millones	1.997,1 millones	Ahorro de 833,6 millones/año
Costos totales (inversión (iníc.+operación anual	4.365,8 millones	7.811,3	Costo total año horizonte (proyecto) carretera 178,9% el costo del ferrocarril.
Costos de operación \$/Ton.-Klm.	2,89	6,01	Los costos de operación por carretera son un 208% los de operación por ferrocarril.
Fletes \$/Ton-Klm.	5,69	12,08	Ahorro de 6,39 \$/Ton-Klm. ahorro de \$2.571,1 millones al año.

RECOMENDACION

Visto el conjunto de aportes del presente estudio de prefactibilidad, tomados en cuenta los factores esenciales que inciden en el transporte de carga y pasajeros, relacionados los beneficios e indicadores, todo apunta hacia un hecho convergente y central, la bondad de la solución eléctrica sobre la solución complementaria carretable; bondad que se expresa en ahorro de inversión, de costos, de operación, etc. De donde se desprende que la electrificación del Ferrocarril Bogotá-Belencito es económicamente adecuada y necesaria, además oportuna. Que nos lleva a una recomendación única y final, hay que electrificar el Ferrocarril del Nordeste Bogotá-Belencito.

Electrificacion del ferrocarril del nordeste

338F593e1981

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA
PEDIDO

PRESTADO A

FECHA
DEVUELTO

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01003816
BIBLIOTECA

Un modelo de transporte para el desarrollo

Dos grandes problemas se han convertido en los puntos neurálgicos del mundo actual: el aprovechamiento óptimo de la energía y la capacidad de transportar grandes volúmenes en el mínimo tiempo con bajo costo. Uno y otro son factores determinantes de las posibilidades de progreso de cualquier región. En el primer caso por el agotamiento acelerado de las fuentes energéticas sin el desarrollo simultáneo de sustitutos y, en el segundo caso, por la necesidad de buscar la racionalización de costos mediante la aplicación de los grandes números a la producción.

En consideración a estas razones, las instituciones y las personas que colaboran para el presente estudio, quieren manifestar su íntimo convencimiento de la necesidad de revitalizar el ferrocarril en Colombia y utilizar para él, como fuerza motriz, la energía eléctrica. Con él superaríamos los dos serios escollos que hoy por hoy tiene que enfrentar el mundo.

Nuestro país debería dar atención prioritaria al tren eléctrico, y para ello nada sería mejor que comenzar por la línea Bogotá-Belencito, dado que sus condiciones, excepcionalmente favorables, servirían para constituirlo en modelo de lo que puede y debe hacerse en este campo.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA ICEL
ELECTRIFICADORA DE BOYACA