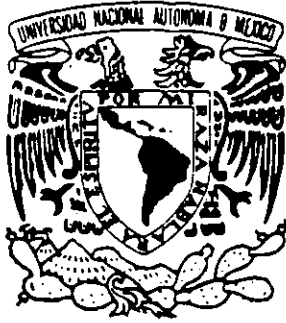


65  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“ANÁLISIS DE LA NECESIDAD DE UN  
SISTEMA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS  
EN EL ESTADO DE GUANAJUATO”**

**TESIS QUE PARA OPTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:  
ALEJANDRO MOTA PIÑA**

**ASESOR: ING. LUIS ZARATE ROCHA**

MEXICO, D.F.,

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

257480  
1998



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-008/97

Señor  
**ALEJANDRO MOTA PIÑA**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. LUIS ZARATE ROCHA**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

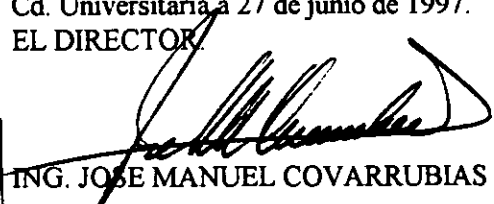
**"ANALISIS DE LA NECESIDAD DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN EL ESTADO DE GUANAJUATO"**

- INTRODUCCION**
- I. ANTECEDENTES**
- II. PLANEACION**
- III. PROCESO CONSTRUCTIVO**
- IV. FINANCIAMIENTO**
- V. CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria a 27 de junio de 1997.  
EL DIRECTOR

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP\*lmf

# ANÁLISIS DE LA NECESIDAD DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

## ÍNDICE

|   | pág |
|---|-----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>   |     |
| <b>I.- ANTECEDENTES</b>   |     |
| Breve descripción del contexto nacional                             | 2   |
| Entornos  | 3   |
| Población   | 5   |
| Infraestructura actual  | 10  |
| <b>II.- PLANEACIÓN</b>  |     |
| Diagnóstico de la problemática de transporte en Guanajuato          | 17  |
| Estudio de la demanda futura de pasajeros que utilizarán el sistema | 20  |
| Estudio de impacto ambiental  | 23  |
| Descripción del proyecto propuesto                                  | 34  |
| Plano de localización de las estaciones                             | 39  |
| Selección del material rodante                                      | 43  |
| <b>III.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO</b>                             |     |
| Mecánica de suelos  | 52  |
| Estructura  | 62  |
| Instalación hidrosanitaria  | 70  |
| Instalaciones   | 72  |
| <b>IV.- FINANCIAMIENTO</b>  |     |
| Costos  | 75  |
| Estructura financiera   | 77  |
| Simulaciones financieras  | 78  |
| Análisis de riesgos, control y administración                       | 84  |
| Análisis de sensibilidad  | 94  |
| <b>V.- CONCLUSIONES</b>   |     |
| Conclusiones  | 105 |

---

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es el de presentar el análisis de la necesidad de un sistema de transporte de pasajeros en el Estado de Guanajuato, para lo cual haré un análisis de las necesidades de transporte en el Estado y de justificarse la realización de un nuevo sistema de transporte, propondré la alternativa que a mi parecer sea la más adecuada.

Para poder identificar las necesidades actuales del transporte en Guanajuato se hará un análisis de la situación actual de transporte público de pasajeros, en este caso autobuses y ferrocarril; y del transporte particular, ya que se tiene conocimiento de que una gran cantidad de fuerza de trabajo tiene que trasladarse diariamente de una localidad a otra dentro del corredor industrial del Bajío.

Las ciudades que tienen este movimiento de pasajeros son :

- León
- Guanajuato
- Irapuato
- Celaya
- Salamanca
- San Francisco del Rincón

Por ello recurriré a documentación y sondeos de la población de dichas localidades y de empresas encargadas del transporte de pasajeros dentro de la entidad.

De considerarse factible la necesidad del sistema de transporte, presentaré la planeación, proceso constructivo y análisis financiero del proyecto que propongo.

---

---

***CAPITULO I***  
***ANTECEDENTES***

## ANTECEDENTES

### - Breve descripción del contexto nacional

México, al igual que los demás países del mundo, ha cambiado y los cambios han sido mucho más que una variación en el valor de los indicadores económicos o de bienestar. El cambio en nuestro país ha sido estructural; por ello, deben diseñarse nuevas formas de desarrollo que sean acordes con la realidad actual.

En materia demográfica, México se ha modificado sustancialmente. El crecimiento de la población ha representado numerosos problemas y retos al desarrollo, ya que la oferta de servicio y de infraestructura, además de la generación de empleos, debe crecer a un ritmo parecido para atender la demanda.

De 1940 a 1990, la población aumentó cuatro veces. De esta población, más de dos terceras partes viven en ciudades, lo cual habla a un México totalmente distinto al de 1910, año en el que menos de una tercera parte de la población era urbana.

Si bien este crecimiento ha elevado en complejidad la problemática, también incluye mejores niveles de salud, educación y vivienda. La esperanza de vida se duplicó en el transcurso de 60 años; México tiene más vivienda, se mejoró el suministro de agua potable, de los materiales de construcción y se electrificó; sin embargo, no se ha podido abatir el gran déficit que se ha generado en esos rubros al paso de los años.

Sin embargo, el mejoramiento en las condiciones de vida no se ha dado de manera equitativa. Existe un alto porcentaje de nuestra población que no ha

tenido acceso a los beneficios del desarrollo, por lo que el reto del Estado de Guanajuato es ayudar al desarrollo de la gente marginada. El reto de la modernización debe darse en todos los órdenes, propiciando un desarrollo sostenido, sustentable y, por ende, más equitativo. Este desarrollo debe comenzar con infraestructura tanto de vivienda como de transporte y comunicaciones ya que esto traerá grandes beneficios para la población en general de Guanajuato.

### **- Entornos relevantes**

Antes de entrar a analizar la problemática del Estado de Guanajuato es necesario entender los entornos en los que todas las actividades se desenvuelven.

En este sentido, Guanajuato combina con su vocación eminentemente agropecuaria una extraordinaria localización geográfica -al centro de la República- que, por la cercanía respecto de varios polos de intenso desarrollo como son las ciudades de Querétaro, San Luis Potosí y Aguascalientes, presenta características altamente aprovechables.

El acervo histórico y cultural, la elevada proporción de población económicamente activa, y la pluralidad política de sus habitantes en la perspectiva de un nuevo modelo político para el país, se manifiestan de hecho en fuertes interacciones con la capital de la República y con el resto de los estados mexicanos.

Ante la apertura comercial hacia Estados Unidos y Canadá, Guanajuato deberá prepararse para una comunicación terrestre y marítima más eficiente con ambos países. Se consideran viables, nuevas y mejores conexiones terrestres con los puertos de Tampico, Tamaulipas; Tuxpan, Veracruz; Manzanillo, Colima y Lázaro Cárdenas, Michoacán, con el fin de facilitar el intercambio comercial con el



norte y sur del continente americano, y con los países de Europa y del este de Asia.

### **- Entorno físico**

El Estado de Guanajuato está ubicado entre los 19°55'08" y los 21°52'09" de latitud norte y entre los 99°33'06" y los 102°05'07" de longitud oeste; colinda por el norte con los estados de San Luis Potosí; por el sur con el estado de Michoacán; por el este con Querétaro, y por el oeste con Jalisco. Cuenta con una superficie de 30,589 km<sup>2</sup> y ocupa por esta razón el vigésimo segundo lugar entre las entidades del país en cuanto a extensión territorial. Se trata, por tanto, de un estado relativamente pequeño a nivel nacional, con una orografía que incluye tanto planicies como montañas.

En la entidad existen cuatro grandes núcleos de población: León, Irapuato, Salamanca y Celaya, además de varias ciudades pequeñas pero importantes como Guanajuato capital, Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende, San Luis de la Paz y Silao. De las localidades del estado, el 98.5% no alcanzan los 2,500 habitantes, por lo que se consideran rurales.

Sus recursos geológicos son de tal importancia, que en el renglón minero han hecho de la entidad una de las principales zonas productoras de plata en el mundo.

La existencia de suelos óptimos en una extensa región del centro y sur del estado, así como la presencia del río Lerma y de una amplia red de pozos y canales de irrigación, combinados con un clima templado en la mayor parte del año y en buena parte del territorio, ha hecho posible el desarrollo de actividades agropecuarias que han sido la principal fuente de ingresos de la población de esa región. Sin embargo, la carencia de agua en la zona montañosa del norte ha

puesto límites a su frontera agrícola, además de agravar la problemática de pobreza de las zonas marginales del noreste.

### **- Entorno social**

Por su pequeña superficie y gran población, Guanajuato es uno de los estados con mayor densidad del país. Sin embargo, presenta el aspecto favorable de tener su población relativamente dispersa en varias ciudades.

Guanajuato contribuye con el 6.16% de los analfabetas del país, en tanto que su población de 15 años y más representa sólo un 4.62%. Al ubicarlo respecto a las otras entidades federativas, Guanajuato se encuentra en el estado crítico, ya que su promedio de analfabetismo (16.57%) se ubicó por encima de la media nacional (12.44%).

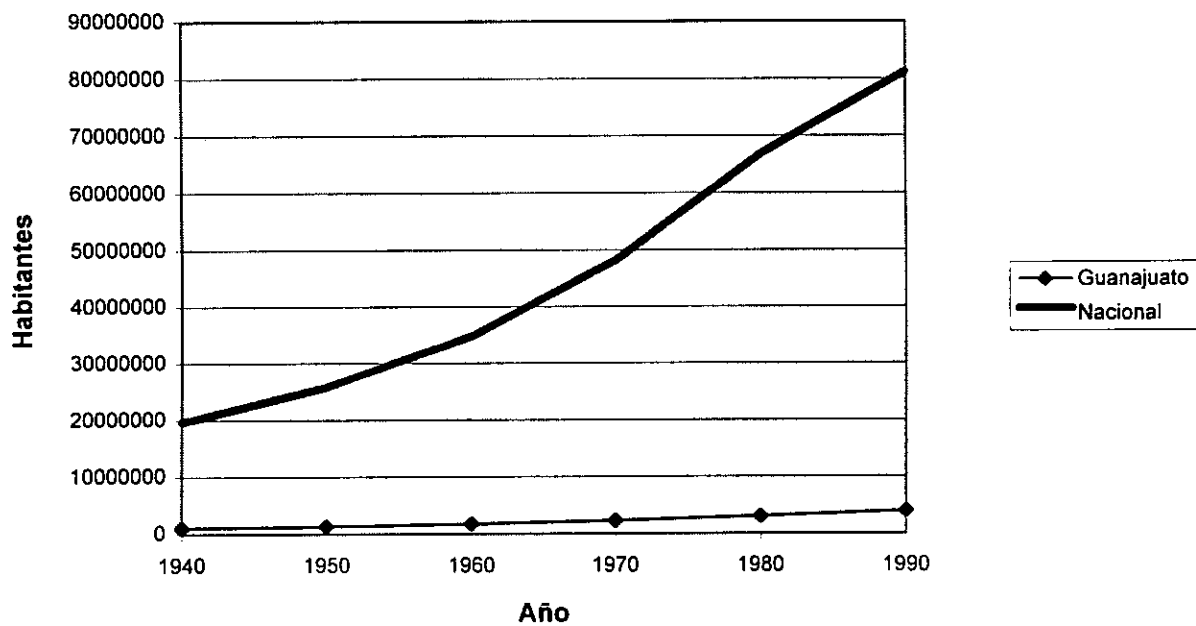
Globalmente, el Estado se encuentra en la posición 19 del país en cuanto a ingreso per cápita, lo que corresponde a un nivel intermedio. Sin embargo, presenta fuertes contrastes a nivel municipal, pues existen municipios con índice de bienestar social varias veces mayor al de otros. Específicamente de los 46 municipios del Estado se identifican diez con alto nivel de pobreza, particularmente en la zona noreste.

### **- Población en el Estado**

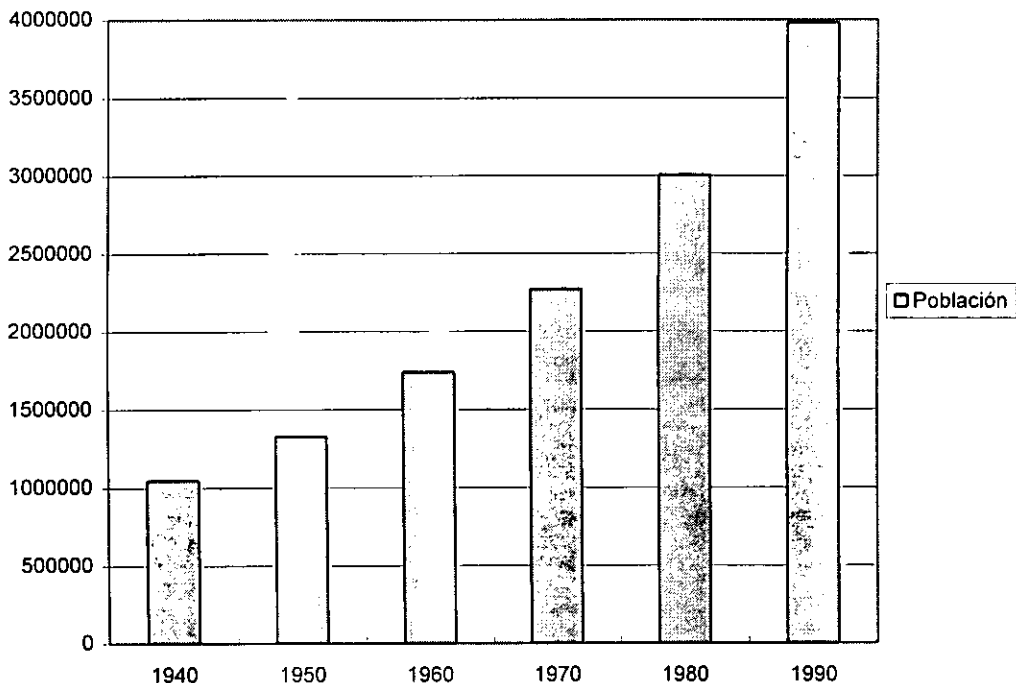
El estado de Guanajuato tenía, conforme al censo de población y vivienda de 1990, una población de 3 millones 982 mil 593 habitantes. Es el sexto estado más poblado de toda la República y absorbe el 4.9% de la población nacional.

En las siguientes páginas podremos observar las gráficas que indican el crecimiento de población en el Estado, comparado con el crecimiento nacional y el crecimiento de población del estado por décadas.

### Población



**Crecimiento de población anual**



**- Elementos básicos del desarrollo**

El Estado de Guanajuato contiene centros urbanos de diverso tamaño, cuyo desarrollo data desde finales del siglo XVIII, cuando se dio en la región del Bajío un importante proceso de urbanización a raíz del auge de las actividades mineras, agropecuarias y comerciales. Al respecto, sabemos que hacia 1793 una tercera parte de la población de las intendencias de Guanajuato y Querétaro habitaba ya en localidades con más de 5,000 habitantes. Para esa misma fecha, la ciudad de Guanajuato es también la cuarta ciudad de la Nueva España en términos de actividad comercial, antecedida sólo por la ciudad de México, Puebla y Guadalajara, en tanto que otras ciudades del actual Estado, como Dolores, San Miguel y San Luis de la Paz comienzan a constituirse como focos importantes de la industria textil.

Asimismo, en Acámbaro, León y Celaya se desarrollan diversas actividades manufactureras (talabartería, gamucería, rebocería, etc.) y Salamanca, Irapuato, Silao y Salvatierra realizan funciones de almacenamiento y distribución de productos agropecuarios producidos en la región. En síntesis, hacia finales del siglo XVIII, el Bajío guanajuatense es una zona donde se da un desarrollo urbano intenso, con características muy peculiares, impulsado fuertemente por la acumulación de riqueza que en aquella época se genera ya en actividades de gran importancia para la economía de la Nueva España.

El sistema de ciudades así generado, prevalece hasta nuestros días en el actual Estado de Guanajuato, aunque las funciones de los distintos centros urbanos que lo integran han experimentado algunas variaciones. Así, por ejemplo, en tanto que las ciudades de Celaya e Irapuato han conservado su importancia como centros de distribución agropecuaria, desde 1940 han sido también puntos de localización de importantes empresas agroindustriales, tales como Nabisco Famosa, Ralston Purina, Del Monte, Campbells y Anderson Clayton. La ciudad de León, por su parte, se ha convertido en el principal centro urbano de la entidad, fundamentalmente a raíz del auge experimentado en las últimas décadas por las industrias curtidora y zapatera, localizadas en ella.

En la actualidad, el sistema de ciudades guanajuatense está integrado por tres ciudades de rango 1 con más de 200,000 habitantes, diez de rango 2 de entre 50,000 y 200,000 habitantes y cuatro de rango 3 de entre 10,000 y 50,000 habitantes, como se aprecia en la figura correspondiente. Cabe mencionar que la interrelación de estas ciudades del sistema se ha visto acrecentada fuertemente en los últimos años por la creación del llamado Corredor Industrial de Guanajuato y la dotación, en toda la zona central del Estado, de una importante infraestructura de carreteras, vías férreas, telefonía y aeropuertos.

| <b>Principales Centros Urbanos del Sistema de Ciudades Guanajuatense en 1990</b> |                            |                            |
|--|----------------------------|----------------------------|
| <b>Ciudades de Rango 1</b>   | <b>Ciudades de Rango 2</b> | <b>Ciudades de Rango 3</b> |
| León   | Guanajuato                 | San Francisco del Rincón   |
| Irapuato   | Silao                      | San Miguel de Allende      |
| Celaya   | Salamanca                  | Salvatierra                |
|  | Valle de Santiago          | Uriangato                  |
|  | Pénjamo                    |                            |
|  | Abasolo                    |                            |
|  | Dolores Hidalgo            |                            |
|  | Moroleón                   |                            |
|  | Acámbaro                   |                            |
|  | San Luis de la Paz         |                            |

Este conjunto de ciudades muestra, en término de niveles de vida, las ventajas que generalmente tienen los grandes centros urbanos respecto a las localidades rurales o de menos de 15,000 habitantes.

---

## INFRAESTRUCTURA

### Comunicaciones y transporte

#### -Sistema de caminos y carreteras

En diciembre de 1991, el Estado de Guanajuato contaba con 5,768.2 km lineales de caminos y carreteras, de los cuales cerca de la cuarta parte (23%) eran de jurisdicción general y las tres cuartas partes restantes, de jurisdicción estatal.

Al ser Guanajuato un estado territorialmente pequeño, sobre todo en el contexto de las entidades que integran a la República Mexicana, la extensión de su red carretera lo ubica entre las primeras diez entidades del país, con una cobertura de aproximadamente de 190 metros de carretera por kilómetro cuadrado de superficie.

Pero si bien este dato inicial permitirá deducir que el estado de Guanajuato presenta una buena cobertura en cuanto a su red de caminos, lo cierto es que esta primera afirmación requiere ser matizada a la luz de dos aspectos fundamentales; las características físicas de la red y su distribución entre las regiones o zonas del estado.

En lo que respecta a las características de su superficie, únicamente el 43.7% de la red carretera son caminos pavimentados, mientras que el 56.2% restante son revestidos, con las obvias consecuencias que esto provoca en temporada de lluvias. Por otro lado, apenas el 4.8% del total de la red son carreteras pavimentadas de cuatro carriles, predominando por lo tanto, los caminos, pavimentados o revestidos, de sólo dos carriles y restringiéndose además un muy alto 42% de caminos de un carril.

Estos datos significan que la red de caminos y carreteras de la entidad requiere de una tarea de modernización, que permita adecuarla a los requerimientos de la transportación segura y eficiente de pasajeros y mercancías.

| Longitud de la Red de Caminos y Carreteras de Guanajuato, según tipo y clase de superficie. |                          |                 |             |
|---|--------------------------|-----------------|-------------|
| Tipo  | Clase de Superficie (km) |                 |             |
|   | Pavimentada              | Revestida       | Terracería  |
| Troncales   | 1,326.20                 |                 |             |
| Secundarios   | 1,176.30                 | 855.10          |             |
| Vecinales   | 19.80                    | 2,388.80        | 2.00        |
| <b>TOTALES</b>  | <b>2,522.30</b>          | <b>3,243.90</b> | <b>2.00</b> |
| Porcentajes   | 43.70                    | 56.20           | 0.10        |

**En la siguiente página se observará el esquema de la red de carreteras del Estado de Guanajuato**





a) Una primera, que parte de Irapuato hacia el sudeste del Estado, con dirección a Pénjamo y, posteriormente, al Estado de Michoacán.

b) Una segunda, que sale de Celaya hacia el sur, llegando a Salvatierra y Acámbaro.

c) Una tercera, que saliendo también de Celaya corre hacia el norte, pasando por Comonfort y llegando hasta San Diego de la Unión, con subramificaciones que llegan a Dolores Hidalgo, San Luis de la Paz y San José Iturbide.

Las zonas y municipios del Estado ubicadas en la parte noroeste (municipios de Ocampo, San Felipe, etc.) y en la noreste (Atarjea, Xichú, Santa Catarina, Victoria) carecen en general de infraestructura ferroviaria.

Además de no cubrir zonas como las anteriormente señaladas, la red de ferrocarriles del estado resulta pobre en términos tanto de su relación con el número de habitantes como con el monto del Producto Interno Bruto. En ambos casos, Guanajuato ocupa el décimo noveno lugar entre las entidades de la República.

A los datos anteriores, hay que agregar el hecho de que en general las vías y las máquinas se encuentran en una condición deficiente, por lo que el sistema ferroviario del estado ha perdido aceptación entre la población y las empresas que podrían utilizar sus servicios.

Lo anterior se muestra en el siguiente cuadro:

| <b>Número de pasajeros y volumen de carga transportada por la red ferroviaria del Estado de Guanajuato. 1989-1991</b> |                  |                    |
|---|------------------|--------------------|
| <b>Año</b>  | <b>Pasajeros</b> | <b>Carga (Ton)</b> |
| 1989  | 397,230          | 1,305.0            |
| 1990  | 398,112          | 1348.2             |
| 1991  | 398,790          | 1,512.5            |

En la siguiente página, podremos observar claramente la red ferroviaria que existe en el Estado y la gran carencia de vías férreas en la actualidad.



---

***CAPÍTULO II***  
***PLANEACIÓN***

## DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA DE TRANSPORTE EN GUANAJUATO

### - Transporte público en el Estado

En el Estado de Guanajuato no existe un registro actualizado que incluya la totalidad de las concesiones y unidades que prestan el servicio de transporte público de pasajeros y de carga, esto dificulta su conocimiento, organización y control; lo que propicia su actual desorganización y servicio deficiente.

Por lo anterior, para conocer la situación actual del transporte público de pasajeros y de carga en el Estado de Guanajuato se realizó un "Censo vehicular" que cubrió todas las características de la oferta, completándose en el caso de los taxis de itinerario libre con encuestas a los usuarios.

### - Transporte público de ruta fija

#### *Número de rutas*

El Estado cuenta con 267 rutas de transporte público de pasajeros de servicio urbano, 337 rutas de servicio suburbano y 89 rutas de transporte foráneo; encontrándose la mayor cobertura de servicio en las principales ciudades del Estado como lo son: León, Celaya, Irapuato y Salamanca.

#### *Empresas:*

Se tienen 2,564 empresas que prestan el servicio, de las cuales el 93% son personas físicas, un 6% son empresas constituidas formalmente y un 1% son sociedades cooperativas. Esto demuestra la desorganización existente, ante la falta de fomento a la creación de empresas debidamente constituidas y en cambio se encuentra que un gran porcentaje del transporte es manejado a título de

personas físicas que no cuentan con ningún tipo de organización empresarial, lo cual dificulta la implantación de políticas de la DGTE y el control del servicio de transporte.

#### *Parque automotor.*

Se censaron un total de 4,876 unidades, distribuyéndose en León un 30%, en Celaya un 15%, en Salamanca un 8%, en Guanajuato un 3% y un 31% en los otros municipios. En cuanto al tipo de vehículos se encontraron de microbuses un 38%, de tipo trompudo un 25%, del tipo Combi-Van un 16%, del tipo Metrobús-Omnibús un 9% y un 6% otros tipos no clasificados. En los últimos 6 años, de las 1,498 unidades ingresadas, 1,220 fueron microbuses.

La edad promedio del parque automotor de ruta fija es de 11 años (modelo 1985), existiendo 2,906 unidades con más de 12 años de servicio; adicionalmente esta situación origina altos costos de mantenimiento, deterioro mecánico y físico, poca seguridad y no ofrece una buena comodidad y confort al usuario. Los datos de costo de operación hacen que los permisionarios presionen a las autoridades para conseguir aumento tarifario.

#### **- Transporte en general**

Mediante interacción grupal de informantes calificados en el área de transporte se han encontrado en el Estado de Guanajuato los siguientes problemas fundamentales:

*Relacionados con la interacción gobierno-sociedad.*

- Falta de voluntad política para enfrentar globalmente los problemas de transporte.
- Falta de comunicación entre autoridades y ciudadanía respecto a las necesidades reales de los servicios de autotransporte.
- Falta de comunicación y confianza entre autoridades y transportistas.
- Falta de una ley actual de tránsito y transportes.
- Inexistencia en la toma de decisiones del municipio sobre el Estado.
- Falta de conciencia de las autoridades y transportistas sobre el servicio público.

*Relacionados con la planeación del transporte*

- Falta de un plan global de desarrollo de la industria del autotransporte público, urbano, de carga, foráneo, de pasajeros, etc.
- Falta de coordinadores de transporte en los municipios.
- Existencia de un parque vehicular en un gran porcentaje obsoleto.
- Falta de infraestructura vial.

*Relacionados con al cultura empresarial*

- Existencia de sistemas tarifarios que no toman en cuenta fundamentalmente criterios empresariales como rentabilidad, reposición de equipo, etc.
- Falta de profesionalismo dentro de la industria o gremio del autotransporte.

*Relacionados con las finanzas*

- Inexistencia de mecanismos financieros adecuados para la adquisición o represión de unidades.



---

## ESTUDIOS NECESARIOS

### a) ESTUDIO DE LA DEMANDA FUTURA DE PASAJEROS QUE UTILIZARÁN EL SISTEMA

#### **Predicción de uso del sistema**

Las ciudades localizadas en el corredor únicamente tienen servicio de transporte interurbano ofrecido por compañías de autobuses de línea, la compañía que proporcionó datos de viajes, tiene más de 5 000 autobuses y ofrece el servicio de transporte a todo el centro del país. Para las ciudades importantes, esta compañía y otras más ofrecen corridas exprés entre cada localidad importante ubicada en el corredor. De construirse el tren interurbano, las compañías camioneras, volverán a programar los horarios de las corridas de sus camiones.

#### **Metodología del estudio**

La metodología del estudio de utilización del sistema incluye los siguientes puntos:

- El primer paso consistió en inventariar los horarios actuales de los autobuses interurbanos entre las 7 ciudades por las que pasará el tren interurbano. Derivado de los horarios de los autobuses, fue posible conocer el número de salidas de autobuses que salen y llegan de las terminales de cada una de las ciudades.
- El segundo paso, consistió en analizar información obtenida de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transporte). Estos reportes mensuales contenían toda la información relativa al número de autobuses saliendo de cada terminal y el número de pasajeros abordando a los autobuses en cada estación.

- En el tercer paso, se evaluó, calculando y ponderando los números, la media del número de pasajeros a bordo de cada autobús.
  
- En el cuarto paso, se dedujo la utilización del sistema de transporte en dirección de otras ciudades y para cada una de las ciudades mencionadas.
  
- En el quinto paso, la utilización del sistema en dirección de una sola ciudad se dividió en estaciones localizadas en cada ciudad en particular. En el caso de la estación ubicada en el aeropuerto, la utilización fue evaluada por el número de trabajadores del aeropuerto y el número de usuarios del servicio aeroportuario.
  
- En el sexto paso, se verificó el número de personas que abordan el sistema camionero en las entradas de cada estación.
  
- Para la estimación de ocupación del sistema después del año de 1997, se basa en un estudio específico de viajes realizado en la terminal de Celaya en 1995. Este estudio muestra que en los últimos 5 años, hubo un incremento medio del 5.5% anual. Como podemos estimar, la utilización en dirección de algunas ciudades creció cerca del 10% y en dirección de otras creció únicamente un 4%. Por ejemplo, estamos seguros que podremos aplicar un crecimiento del 9% en la utilización del sistema originada en San Francisco del Rincón.

En 1994, para la terminal de Celaya, hubo 584,268 salidas de autobús moviendo a 17.18 millones de pasajeros con una media de 1600 salidas de camión diarias.

Una transferencia modal de automóvil a tren, ha establecido un 15% de utilización actual del servicio ferroviario.

Para permanecer en el lado conservador del análisis, se ha considerado únicamente un crecimiento del 4% anual para poder hacer simulaciones financieras.

La tabla 1 reproducida en las siguiente páginas muestra una utilización de 123,704 pasajeros diarios en el año de 1999.

La tabla 2 muestra una demanda de 4,954,754 pasajeros-km diario en una distancia media de viaje de 40.1 km por pasajero.

## **b) ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **INTRODUCCIÓN**

El presente estudio tiene como finalidad ayudar a preparar una "Asesoría de Impacto Ambiental" y preparar el "Plan de Manejo Ambiental" durante el proceso de construcción y operación del proyecto.

Las metas principales de esta asesoría serán:

- Mostrar las características actuales del corredor por donde pasará el ferrocarril;
- determinar los efectos ambientales, ecológicos, de salud humana y seguridad económica y efectos sociológicos del diseño propuesto durante la construcción y operación/mantenimiento del tren interurbano;
- desarrollar un manejo ambiental sustentable que sea incorporado a la planeación del proyecto y que los efectos nocivos se vean minimizados y mitigados de la manera más económica posible.

### **IMPACTOS POTENCIALES**

Las autoridades de transporte del Estado de Guanajuato intentan proveer de un tren interurbano de alta velocidad en el corredor del Bajío para dar servicio a las siguientes ciudades:

- San Francisco del Rincón
- León
- Silao
- Irapuato
- Salamanca
- Celaya
- Guanajuato

El corredor estará formado por 175 kilómetros de vías de ferrocarril de alta velocidad.

Esta vía de unión le produce al estado una tremenda oportunidad para desarrollarse económicamente y unirá a una gran cantidad de fuerza de trabajo con las comunidades vecinas. Al mismo tiempo, de cualquier forma, los corredores podrán generar un equilibrio ambiental en la zona y para los habitantes de la región.

Los impactos positivos y negativos pueden incluir:

#### *DEGRADACIÓN AMBIENTAL*

La contaminación de agua en el área, incluyendo ríos, lagos y aguas subterráneas.

Interrupciones de la hidrología superficial generando una disminución de la capacidad de utilización del agua superficial, incluyendo a la pesca, abastecimiento de agua potable, usos industriales y recreativos.

Contaminación del suelo.

Introducción de contaminantes potenciales al aire de la zona.

### *DAÑO ECOLÓGICO*

Daños en la salud de los peces, animales terrestres, aves y flora, y el posible riesgo de acabar con especies en peligro de extinción o protegidas.

Disminución de los recursos ecológicos.

### *IMPACTOS EN LA SALUD HUMANA Y EN SU SEGURIDAD*

Se incrementan los riesgos de enfermedad en los trabajadores o en los pobladores locales debido a que durante la construcción se genera ruido, polvo y vibraciones.

Se puede contaminar el ambiente durante el proceso constructivo.

Se pueden introducir enfermedades y animales parásitos que nunca habían existido en la región.

Se pueden producir lesiones en los pobladores locales por fugas de gases o líquidos tóxicos, o durante la construcción y operación de la vía, cuando esta atraviese granjas o ciudades.

### *EFFECTOS ECONÓMICOS*

Se incrementará el turismo en la región y por ende, se incrementará el ingreso estatal por este rubro.

Se dará un servicio equitativo tanto a residentes urbanos como rurales.

Se dará una compensación justa sobre la compra de terrenos que tendrán que ser utilizados por la vía y por las estaciones.

Se destruirán muchos recursos naturales económicos (como los bosques) ya que se tendrán que hacer accesos a través de ellos.

### *IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS*

Se modificará la forma de vida de los indígenas que viven en la región que se pretende desarrollar.

Se dañarán algunos sitios arqueológicos.

En general, se tienen impactos desde menores y temporales hasta impactos mayores como el cambio en el uso del suelo; además se pueden llegar a dañar hábitats muy valiosos para el Estado y se puede deteriorar la calidad del aire y del agua de la región.

Es importante que estos impactos potenciales se evalúen perfectamente antes de que se comience el proyecto, para asegurar que durante la construcción de la línea férrea, así como durante la operación de la misma, se minimice el gasto del Estado para solucionar problemas relacionados con el impacto ambiental.

### **METODOLOGÍA Y FILOSOFÍA DEL ESTUDIO**

Si partimos del entendimiento de los puntos importantes del estudio, la metodología que se debe emplear para realizarlo involucra tres fases primarias, como se describen debajo. El tiempo de término del estudio y de la implementación del proyecto desde su comienzo hasta su finalización deberá ser de cinco meses. Esto permitirá la utilización de treinta días para dialogar con las autoridades y se

dispondrá del tiempo necesario para cumplir con los requerimientos de un Manifiesto de Impacto ambiental (MIA).

La interpretación que se da de las metas de esta asesoría ambiental, las cuales ya fueron enlistadas, parten de las siguientes bases:

- La vía del ferrocarril correrá por donde ahora existe ya una vía férrea y ahí se intentará alojar a la nueva;
- la vía férrea pasa por los mayores centros urbanos del estado y se incluyen para el estudio las estaciones de pasajeros y derechos de vía;
- se cruzarán aproximadamente 20 cuerpos de agua;
- el alineamiento del corredor está muy bien definido y las estaciones ya están posicionadas;
- el corredor no pasa por territorio virgen, circuitos de riego y hábitats naturales sensibles.

### **FASE 1: INVENTARIO BÁSICO DE LOS ESTUDIOS AMBIENTALES**

El propósito de esta fase del estudio es el de identificar las condiciones ambientales del área que se va a desarrollar. Durante esta fase, los sistemas naturales en existencia en el área sujeta (incluyendo tierra, agua, suelo y aire) serán documentadas utilizando búsquedas de datos y técnicas de reconocimiento. La información que se obtenga durante esta fase se utilizará como el punto de partida dentro del cual los impactos potenciales mencionados en la fase 2 podrán ser identificados.



- **CATEGORÍAS FÍSICO QUÍMICAS**

- Clima
- Hidrología e Hidrografía
- Calidad del Agua y Usos
- Topografía
- Geomorfología y Litología
- Capacidad del suelo y usos
- Uso de suelo actual

- **CATEGORÍAS SOCIOECONÓMICAS Y CULTURALES**

- Asuntos Generales
- Aspectos demográficos y socioeconómicos
- Centros de población en el área directa de influencia del proyecto
- Principales grupos culturales y espacios en el bloque bajo estudio
- Sitios arqueológicos e históricos

- **ÁREAS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL**

- Áreas protegidas
- Áreas de interés ecológico y de importancia
- Áreas culturales y socioeconómicas
- Institucionalización y legislación ambiental

- **REPORTE DE STATUS PRELIMINAR**

Preparar un resumen de información y publicarlo para que el cliente esté enterado de los impactos que puede generar la construcción del tren interurbano.

## FASE 2: DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS

Durante esta fase, los impactos: ecológicos, de salud y seguridad humana, sociológicos asociados con las operaciones propuestas serán identificados. Los impactos potenciales serán evaluados para conocer la magnitud potencial de sus efectos en los sistemas naturales existentes. Aproximadamente se requiere de un mes para poder asimilar la información que se debe reunir durante la FASE 1, para poder conocer los impactos asociados con el proyecto. Se requiere de una breve inspección en campo.

### *OPERACIONES PROPUESTAS*

Todos los aspectos relevantes de la construcción y operación del ferrocarril estarán documentados. Una vez documentados, los componentes de la construcción y operación que pueden generar riesgos deberán evaluarse, después de haber revisado la documentación.

Las siguientes operaciones propuestas (no exhaustivas) relativas al diseño, construcción, operación y mantenimiento de las vías serán documentadas y evaluadas.

- Explotación, manejo, transporte y almacenamiento de material de construcción
- Actividades de construcción (limpieza de terreno, cortes y terraplenes)
- Caminos de acceso
- Producción de las juntas para la vías, plantas de concreto, etc.
- Construcción y rehabilitación de puentes.
- Aplicación de herbicidas y pesticidas; uso general de químicos
- Migración
- Facilidades de viviendas y servicios para la fuerza de trabajo

- Campamentos para trabajadores (si existen)
- Desplazamiento de gente
- Tráfico
- Posibles accidentes y peligros
- Facilidades para el mantenimiento

### *ENCUESTAS*

Se tendrán que hacer algunas visitas de campo y encuestas para conocer los riesgos que las personas afectadas por el proyecto crean que se pueden suscitar.

### *DETERMINAR LOS IMPACTOS DE LAS OPERACIONES PROPUESTAS EN EL INVENTARIO*

Se evaluarán los siguientes aspectos:

- Suelos
- Formaciones geológicas
- Drenaje
- Procesos
- Recursos minerales

### **FASE 3: DESARROLLO DE UN PLAN DE MITIGACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL**

Durante esta fase, se tendrá que desarrollar el plan de manejo ambiental (PMA) para mitigar los impactos identificados durante la fase 2. El plan se puede preparar en aproximadamente un mes.

El plan en sí, consiste de una estrategia general, un plan de ingeniería, líneas de operación y un área de desarrollo. Las líneas de operación consisten de un plan de contingencia/emergencia en caso de accidentes en las vías, monitoreo ambiental, auditorías ambientales y procedimientos de inventario ambiental. Se incluye dentro de la fase 3.

#### *DEFINICIÓN DE LAS METAS DEL PLAN*

La definición de las metas del plan ayudará a determinar los alcances y el nivel de detalle del plan. Las metas del plan están basadas en los impactos y las medidas de mitigación propuestas durante la fase 2. Un resumen representativo de lo mencionado anteriormente podría quedar de la siguiente manera.

#### **Etapas de diseño**

- Obstrucción de las rutas típicas de las ciudades a las plantas productivas, resultando un incremento en el tiempo de traslado.
- Alteración de los patrones hidrológicos por la construcción de puentes.
- Selección de la vegetación adecuada para el control de ruidos y el control de erosiones.

- Intercomunicación con los diseñadores para que ellos desde las etapas preliminares traten de mitigar el impacto ambiental.

### **Fase de construcción**

- Control de las emisiones de polvo.
- Ruido producido por las máquinas que intervienen en el proceso.
- Degradación del terreno y de los recursos naturales por los procedimientos de corte/terraplén.
- Degradación de los cuerpos acuíferos por la explotación de arena de las cuencas de ríos.
- Poca sanidad y disposición de los desechos sólidos en los frentes de construcción y en los sitios de trabajo.
- Alteración del drenaje natural debido a que en la construcción se pueden interrumpir los cauces del agua subterránea.

### **Fase de operación del ferrocarril**

- Emergencias y peligros ocasionados por fugas de combustible o por accidentes, así como desastres naturales tales como: deslizamientos, inundaciones, terremotos, etc.
- Control de ruido, contaminación del aire y del agua, no solo por los trenes, sino por los vehículos y servicios asociados con la línea de ferrocarril.
- Mantenimiento del sistema de drenaje.

Lo anteriormente mencionado es únicamente una propuesta de lo que se sugiere hacer para poder tener un buen control del Impacto Ambiental, es necesario que sobre la marcha del proyecto se le vayan haciendo ciertas modificaciones.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### **-Definición del proyecto**

El Estado de Guanajuato tiene una población aproximada de 4 millones de habitantes, de los cuales, 2.9 millones viven en el Corredor Industrial de "El Bajío", el cual tiene una extensión de 160 km, y cruza al Estado por su zona central. Éste corredor está considerado por el gobierno mexicano, como una zona prioritaria para enfatizar el desarrollo industrial y para descentralizar los asentamientos de la zona Metropolitana del D.F. cercanos al Estado de Guanajuato.

El contexto del proyecto puede resumirse de la siguiente manera:

- el corredor de Guanajuato contiene una población importante dispersa en seis ciudades;
- estas seis ciudades están especializadas en actividades diferentes, que van desde la actividad industrial pura hasta la industria turística, lo cual requiere una gran infraestructura de transporte tanto para el turismo como para la fuerza de trabajo y los bienes de consumo;
- se necesita mejorar la infraestructura del transporte en el corredor industrial.

### **-Aglomeraciones importantes**

Las principales ciudades localizadas en este corredor tienen un alto índice de crecimiento y de industrialización anual (5-7%). Las seis ciudades importantes están ubicadas a través de la línea:

---

|              |             |
|--------------|-------------|
| • León       | 1 100 000 h |
| • Guanajuato | 120 000 h   |
| • Silao      | 120 000 h   |
| • Irapuato   | 400 000 h   |
| • Salamanca  | 200 000 h   |
| • Celaya     | 350 000 h   |

Estas ciudades presentan un carácter colonial que el Gobierno Estatal intenta proteger, limitando las posibilidades de desarrollo alrededor del centro histórico de la ciudad. Debido a estas restricciones, el Estado de Guanajuato ha adoptado la política de descentralizar a la vivienda, zonas industriales y zonas universitarias.

Las zonas universitarias están ubicadas en diferentes ciudades del Estado, por lo tanto es necesario movilizar a una gran cantidad de estudiantes. En lo relativo al desarrollo urbano, se elaboró un plan maestro para localizar zonas industriales y nuevas zonas de vivienda en las afueras de las ciudades.

*Especialización de las ciudades:*

- La ciudad de León es especialista en trabajar la piel y la ropa, exportan al mundo entero;
- La ciudad de Guanajuato es el centro de operaciones del Gobierno de Guanajuato y un lugar prestigiado para realizar estudios debido a su gran cantidad de colegios y a su prestigiada Universidad; clasificada como "patrimonio universal" por la UNESCO, la ciudad de Guanajuato se ha convertido en una atracción mundial;
- La ciudad de Silao está en efervescencia debido a la apertura de la planta de General Motors, lo cual generará una importante "subindustria". Se ha



construido un aeropuerto internacional para facilitar intercambios con los Estados Unidos de Norteamérica y con otros países de Latinoamérica.

- La ciudad de Irapuato es muy conocida por su capacidad agroindustrial debido a la fertilidad de sus suelos vecinos.
- La ciudad de Salamanca es muy conocida por su industria petroquímica, incluyendo a la refinería de PEMEX, la cuál es la más importante de la zona Noroeste del país.
- La ciudad de Celaya es un centro regional por su importancia comercial y sus fábricas.

### *Volumen importante de viajes*

El tránsito vehicular interurbano de automóviles particulares se debe a la deficiencia en el transporte público. Los propietarios de automóviles, generalmente cautivos, deben recorrer grandes distancias. Conforme los autobuses entran a las ciudades se reduce la velocidad de manera importante debido al congestionamiento de tránsito vehicular.

### **-Breve descripción del proyecto**

Como se ha mencionado con anterioridad, es necesaria la creación de un sistema de transporte interurbano eficiente para facilitar el movimiento de personas a sus lugares de trabajo, ya que como se ha visto, muchas personas tienen que viajar de una ciudad a otra y el transporte local es insuficiente.

Se planea, entonces, la construcción de un sistema ferroviario que cruce las ciudades principales del Estado y que permita a los usuarios dejar sus automóviles en su lugar de residencia y transportarse más rápido a los centros de trabajo.

El Tren Interurbano tendrá las siguientes:

### **Características generales**

- 170 km de longitud
- 20 estaciones en el corredor industrial El Bajío
- 52 trenes de 2 carros cada uno
- Motor Diesel
- Velocidad máxima de 120 km/hr
- Utilización estimada del tren: 140 000 pasajeros diarios
- Viaje promedio: 38.5 km/pasajero.

### **Horas de Servicio**

Horario de servicio para líneas 1 y 2

|         |   |         |            |            |
|---------|---|---------|------------|------------|
| 5:00 h  | a | 8:00 h  | intervalo: | 20 minutos |
| 8:00 h  | a | 18:00 h | intervalo: | 14 minutos |
| 18:00 h | a | 1:00 h  | intervalo: | 20 minutos |

### **Beneficios del proyecto**

Los beneficios del proyecto del tren interurbano, se pueden agrupar en dos categorías que muestran la clara intención del Gobierno del Estado de Guanajuato de implementar una política de descentralización para favorecer una mejoría de la aglomeración en el corredor industrial El Bajío.

#### *Beneficios Sociales*

El proyecto evalúa el desarrollo urbano del Estado de Guanajuato, y se compromete a:

- promover la mejoría de la aglomeración a lo largo de la línea del corredor;
- controlar el crecimiento urbano, protegiendo una gran cantidad de tierras cultivables muy productivas, a conservar el carácter histórico de las ciudades y a hacer redituables los costos de infraestructura urbana.

El proyecto del tren interurbano está diseñado para mejorar el nivel de vida de los ciudadanos ofreciendo:

- un mejor acceso a los lugares de trabajo;
- aumento de espacios para vivir para reducir el déficit de vivienda en el Estado;
- respeto del medio ambiente (reducción de contaminación y de ruido)

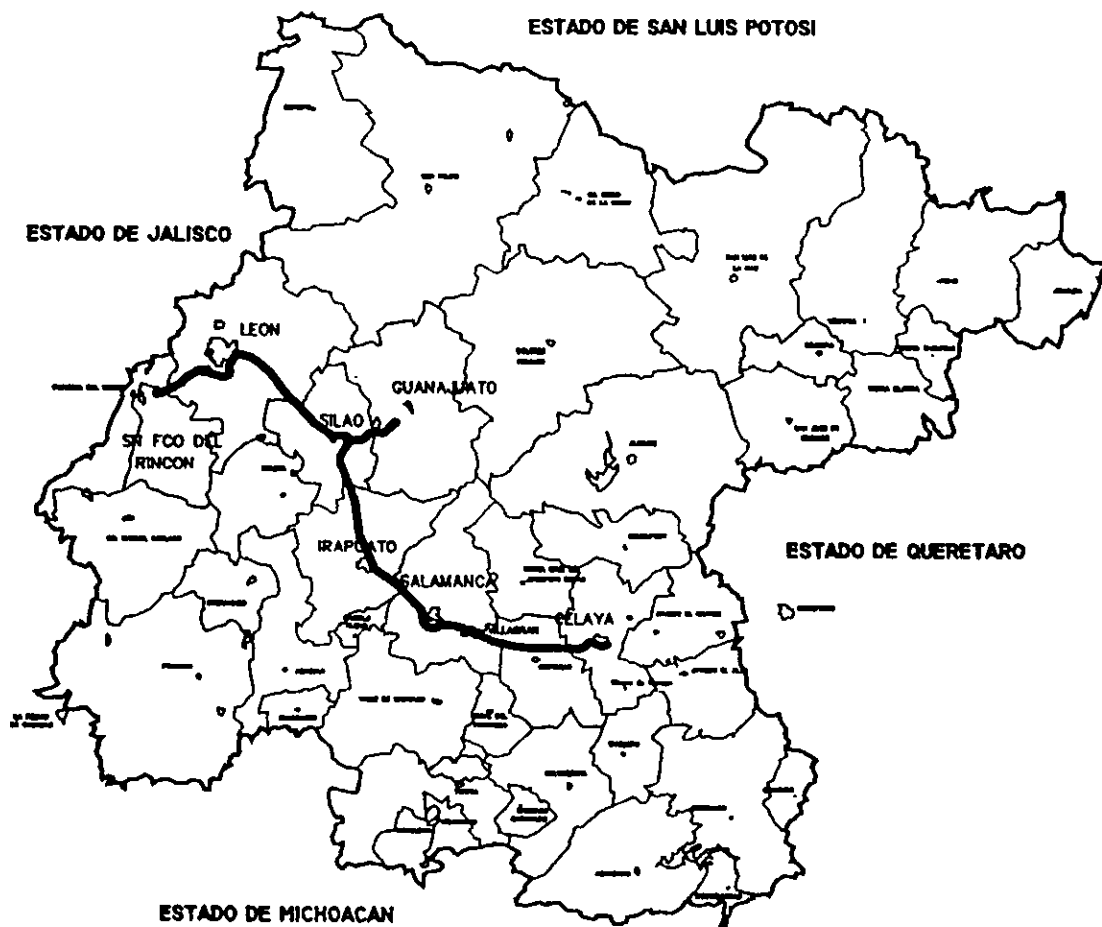
El tren interurbano también favorece las políticas educativas del Estado, incrementando los accesos a escuelas y universidades.

#### *Beneficios económicos*

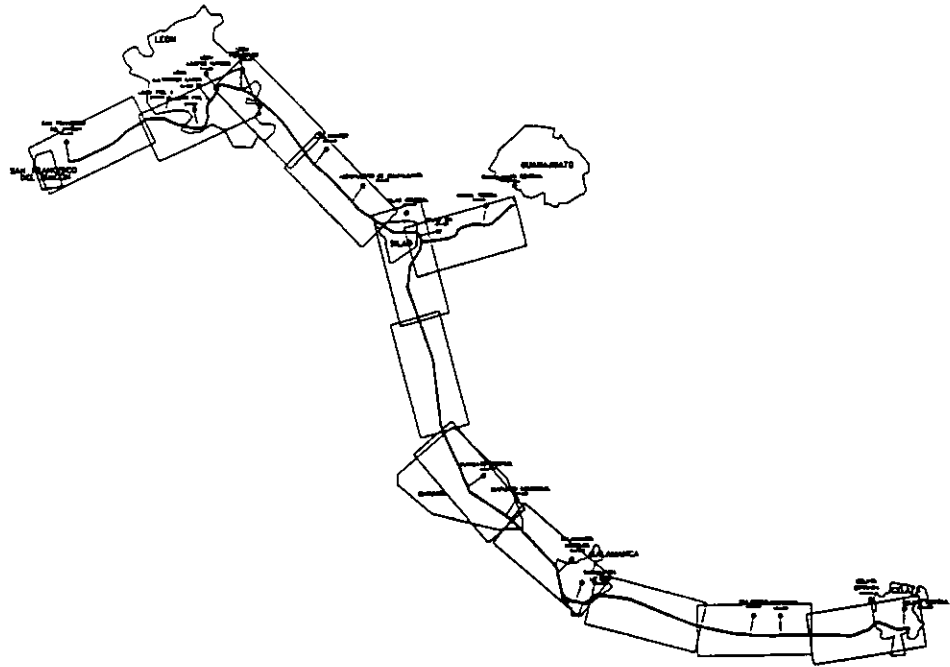
La implementación de un sistema integral de transporte, permitirá:

- aprobar el desarrollo económico;
- creación de trabajos temporales durante la construcción y de trabajos permanentes durante la operación del sistema;
- asegurar un mejor acceso a las fábricas de la fuerza de trabajo;
- ofrece a los usuarios una reducción importante en su tiempo de viaje.
- limita los riesgos de accidentes.

### Plano de localización de la línea del ferrocarril en el Estado de Guanajuato



## Croquis del trazo de la línea



En las siguientes páginas, se presentan croquis del trazo de la línea en León:





## SELECCIÓN DEL MATERIAL RODANTE

El material rodante debe cumplir con las características que se han mencionado con anterioridad y además cumplir con la condición de economía tanto en su costo de adquisición como en su operación y mantenimiento.

Después de haber realizado un análisis de diversas marcas de ferrocarriles (TGV, Amtrak, etc) y debido a las experiencias tenidas con la compañía SIEMENS, fabricante del tren ligero del D.F., del tren urbano de Monterrey y del de Guadalajara, sería conveniente considerarla como una de las compañías que mejor se ha adaptado a las necesidades del medio mexicano.

En un principio, se pensó en la implementación de un sistema eléctrico, pero debido a la distancia que deberá recorrer el tren interurbano (170 km) la línea de alimentación sería costosa, además de que el consumo de energía eléctrica sería alto y consultando otros tipos de sistema de alimentación nos enteramos que en Alemania, específicamente en Düsseldorf se tiene un pequeño tren interurbano con motor Diesel llamado el Regio Sprinter y debido a su economía en consumo de combustible, su tamaño, capacidad y funcionalidad se propone en este trabajo como uno de los más adecuados para el proyecto que se pretende desarrollar. La descripción del Regio Sprinter sería como sigue:

### *PRIMER FERROCARRIL LIGERO IMPULSADO POR MOTOR DIESEL, PARA EL SERVICIO REGIONAL DE PASAJEROS*

La Asociación Alemana de Autoridades de Transporte Público publicó ciertas especificaciones para un ferrocarril diesel ligero que permitiera a las compañías ferroviarias nacionales o a usuarios particulares ofrecer un servicio de



transporte de pasajeros económico y confortable. Esta nueva unidad estaría planeada para circular en vías ferroviarias, no electrificadas y de mediana densidad de 50 km de longitud que unan ciudades o poblados medianos y sus alrededores.

La empresa subsidiaria de SIEMENS, la DUEWAG ha desarrollado el Regio Sprinter con las siguientes características particulares:

- Motores diesel poco contaminantes.
- Rampas para el acceso de minusválidos.
- Asientos individuales diseñados anatómicamente abatibles.
- Posibilidad de colocar sistemas de información para pasajeros.
- Acceso para carreolas, bicicletas, así como la posibilidad de crear amplios espacios interiores para algún requerimiento en particular.
- Máxima seguridad por su nuevo sistema de frenado.

El nuevo Regio Sprinter es un ferrocarril diseñado para el transporte familiar, con capacidad para el transporte de discapacitados. Se tiene un botón especial junto a la puerta que cuando se oprime permite al conductor extender una rampa que permite el acceso a bicicletas, carreolas, sillas de ruedas, etc. Dentro de los carros se tienen accesorios que permiten asegurar las sillas de ruedas, bicicletas y carreolas.

Se caracteriza además por su amplio interior, con grandes ventanas permiten una excelente visibilidad, incluso para los pasajeros que se transportan de pie. Cuenta con 74 asientos individuales que permiten el confort de los pasajeros, al igual que la gran altura del techo (2.70 m), lo cual lo convierte en un sistema cómodo y que impide la sensación de estar encerrado, como podría suceder en otro tipo de transportes colectivos.

### *DISEÑO INTELIGENTE DEL FERROCARRIL*

El Regio Sprinter tiene todos los atributos necesarios para satisfacer el servicio actual de transporte de pasajeros. Se seleccionó un vehículo bidireccional, doble articulado de eje sencillo, con carros cortos pero anchos.

#### **Carrocería**

La carrocería doblemente articulada, está fabricada de una estructura de aluminio con un marco rígido inferior soldado a la estructura. Las paredes del fondo del carro están construidas mediante el procedimiento FRP (sandwich), el techo del carro está construido como sandwich también.

#### **Puertas**

Tiene 2 puertas de 1.30 m de ancho, son corredizas y están colocadas a los lados del carro, permitiendo a los pasajeros el acceso rápido, así como su desalojo. De cada lado del carro hay una puerta que tiene una rampa de operación eléctrica, que se controla desde la cabina y que permite el acceso a personas discapacitadas.

## Ventanas

Las aletas y ventanas laterales están empotradas a la carrocería y están diseñadas de un vidrio de seguridad irrompible, se abren y cierran como ventanas corredizas.

## Interior

Siendo el vehículo tan ancho, permite colocar líneas de 2 + 2 asientos o de 2 + 3 asientos. Los pasillos principales tiene un área mayor junto a las puertas en donde hay asientos plegables, accesorios para asegurar bicicletas, carreolas, sillas de ruedas, etc, además hay pasamanos y cordones de seguridad. El interior está iluminado por focos fluorescentes en la mitad del techo, junto a la puerta existe un indicador de destinos y paradas del ferrocarril. Se tiene la capacidad de dividir los vagones en zonas de 1ª y 2ª clase para aumentar el confort de los pasajeros, también se puede instalar una máquina que cobre la tarifa en el interior del carro, evitando la construcción de taquillas en las terminales.

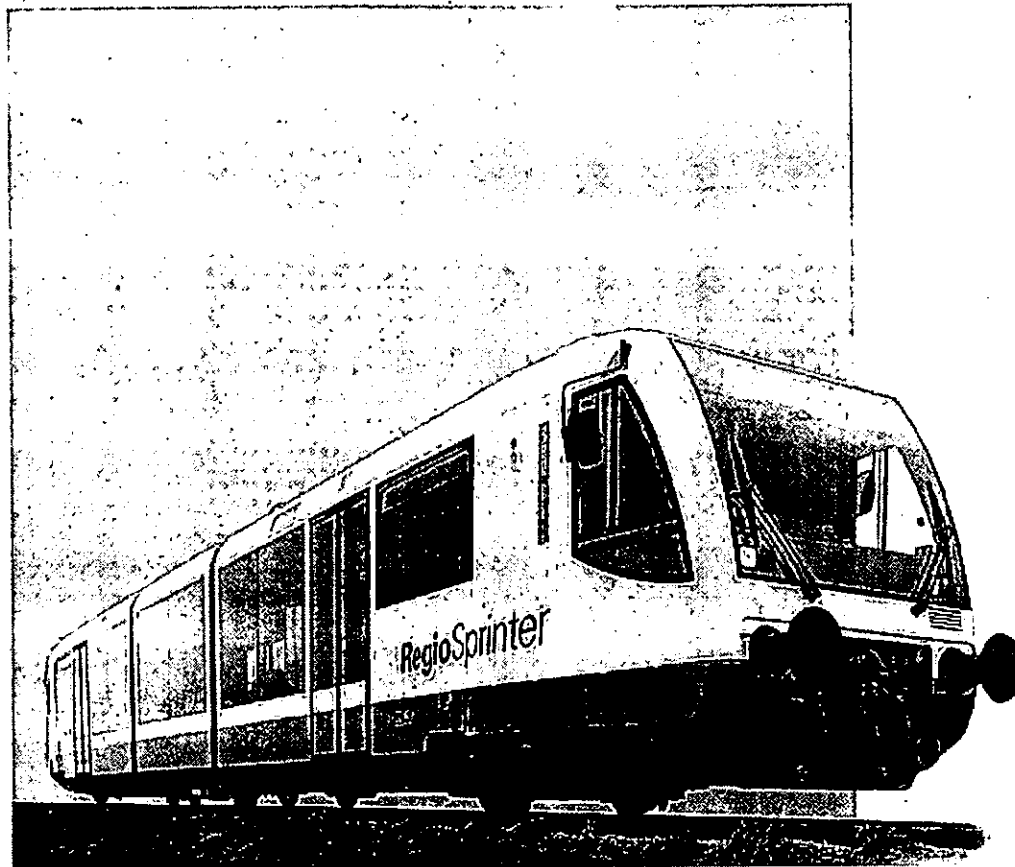
## Especificaciones

- De 70 a 80 asientos y cupo de 80 a 100 pasajeros de pie (4 personas/m<sup>2</sup>)
- Longitud total entre topes de 24.8 m
- Ancho máximo de 2.97 m
- Altura del piso sobre el hongo del riel 0.53 m
- Altura máxima del techo sobre el hongo del riel de 3.35 m
- Velocidad máxima de 100 km/h
- Aceleración media de 0.8 m/s<sup>2</sup> a 1.0 m/s<sup>2</sup>, constante hasta los 50 km/h

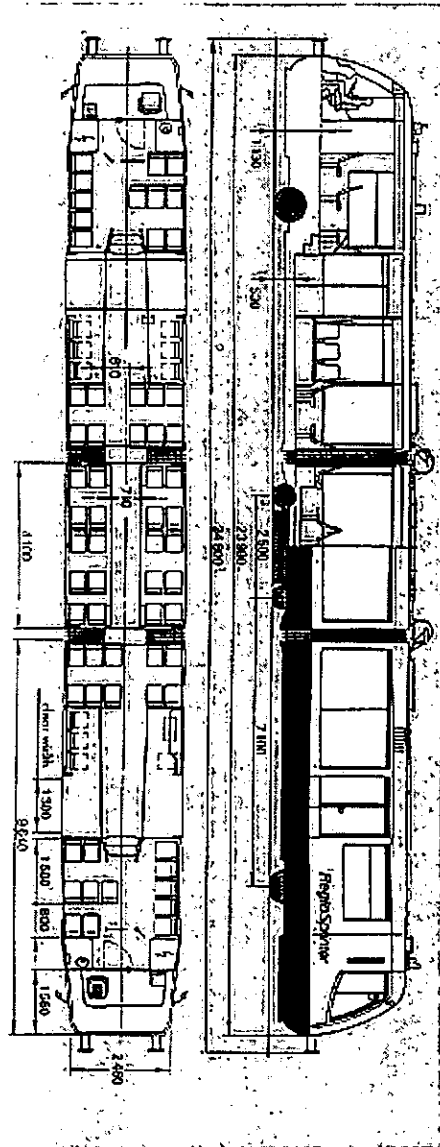
- Radio mínimo de curvatura de 80 m
- Vehículos bidireccionales, operados por un solo conductor
- Bajo peso (31.5 t)
- Potencia del motor Diesel de 2x228 kW (2x305 Hp)
- Tracción redundante (2 equipos de tracción)
- Características de marcha como las del tren urbano (circulando sobre vía en buenas condiciones de mantenimiento)
- Estructura ligera dimensionada para soportar una fuerza en sentido de 600 kN
- Desaceleración máxima de  $2.73 \text{ m/s}^2$
- Radiotelefonía tren-tierra
- Freno electromagnético de vía

En las siguientes páginas podremos observar el Regio Sprinter y un corte del vagón.

En esta gráfica observamos al REGIO SPRINTER



Aquí podemos observar un corte del vagón tipo del REGIO SPRINTER



---

***CAPÍTULO III***  
***PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO***

## PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

En el presente capítulo me voy a enfocar en el procedimiento constructivo de las columnas que se utilizarán en los tramos, en los que por la topografía del lugar se tengan que llevar elevados. Del mismo modo se hará una descripción de las estaciones por las que pasará el ferrocarril.

Debido a lo anteriormente citado las etapas de mecánica de suelos y estructuras del procedimiento se enfocarán al proceso de construcción de las columnas para los tramos elevados y las etapas de obras hidrosanitarias e instalaciones serán de la construcción de las estaciones.

Es importante mencionar que para este proyecto se utilizará la infraestructura actual del sistema ferroviario estatal, ya que como vimos en el capítulo de antecedentes muy poca gente utiliza el ferrocarril convencional resulta más económico utilizar vías ya construidas.



---

## MECÁNICA DE SUELOS

### Antecedentes Fisiográficos en el Estado de Guanajuato

#### *Mesa del centro*

La Mesa del Centro se caracteriza por tener amplias llanuras que se interrumpen por dispersas serranías, en su mayoría de origen volcánico. Existen rasgos topográficos característicos, como en los Llanos de Ojuelos , donde se observan lomeríos, sierras pequeñas y llanuras.

La parte sur que colinda con la provincia del Eje Neovolcánico, la subprovincia del Bajío guanajuatense, corresponde a terrenos planos rellenos de aluvión, donde se desarrolla la agricultura; mientras que en la parte noreste que colinda con la provincia de la Sierra Madre Oriental se define con la subprovincia de la Sierra Gorda, cuya topografía es abrupta, de tipo volcánico y hace las veces de un parteaguas continental entre las cuencas hidrológicas de Lerma - Santiago y Pánuco - Tamesi.

Dentro de esta provincia que ocupa aproximadamente un 50% de la superficie del Estado, existen distritos mineros importantes como el de Guanajuato.

#### *Sierra Madre Oriental*

La provincia de la Sierra Madre Oriental, en el extremo noroeste del Estado, ocupa aproximadamente 5% de la superficie de la entidad y presenta una topografía abrupta con desniveles de más de 1,000 m, y valles profundos

alternados con sierras que siguen un patrón de rumbo noroeste. El contexto es netamente sedimentario de tipo calcáreo con una cubierta volcánica.

Dentro de esta provincia existen yacimientos polimetálicos tipo skarn, así como yacimientos de fluorita y mercurio.

### *Eje Neovolcánico*

Esta provincia que ocupa aproximadamente 45% de la superficie de la entidad, está conformada por grandes sierras de constitución volcánica correspondientes a corrientes lávicas, conos volcánicos, escudos volcánicos, calderas; hacia las partes bajas existen depósitos continentales, que forman extensas llanuras.

Así, el Bajío guanajuatense, corresponde a llanuras de aluviones profundos; las sierras y los bajíos michoacanos, a dos cadenas montañosas paralelas de sistemas volcánicos de rumbo oriente - poniente; los altos de Jalisco, se caracterizan por sus sierras altas de cumbres escarpadas; los llanos y las sierras de Querétaro, que tienen escudos - volcanes, lomeríos con llanos y bajíos aislados, la parte central está formada por sierras volcánicas altas y escarpadas y lagos con alternancia de amplios llanos de entre 2,000 y 3,000 m de altitud sobre el nivel del mar.

En esta provincia existen yacimientos de minerales no metálicos, tales como pumicita, perlita, diatomita, caolín, arena sílica, pedreras y ópalos, entre otros.

## *SÍNTESIS GEOLÓGICA*

Las rocas más antiguas reconocidas en el estado de Guanajuato son de edad mesozoica y se dividen en dos grandes secuencias: una volcanosedimentaria, distribuida en la parte centro del norte de la entidad y otra como una secuencia sedimentaria de plataforma en el extremo nororiental del Estado.

Las rocas mesozoicas están cubiertas en discordancia angular por rocas volcánicas y volcanoclásticas del Terciario, principalmente del Oligoceno y la cima de la columna está constituida por rocas sedimentarias continentales y derrames basálticos del Cuaternario.

El intrusivo mayor es de constitución granítica, sus dimensiones son batolíticas, ocupa la parte central de la Sierra León-Guanajuato y su edad data del Paleoceno.

La columna geológica, particularmente el paquete volcanosedimentario de edad mesozoica, ha sido reinterpretado recientemente con base en estudios realizados con personal del CRM con la cooperación del gobierno francés.

El mapa geológico que se presenta es una compilación de la información obtenida del Instituto de Geología de la UNAM, de la iniciativa privada y del Consejo de Recursos Minerales. Su interpretación fue realizada por personal de la Residencia Guanajuato.

En la siguiente página se presenta la columna geológica generalizada.

COLUMNA GEOLÓGICA GENERALIZADA

| ERA       | SISTEMA     | SERIE       | ESPESES<br>MIS | COLUMNA<br>GEOLOGICA | LITOLOGIA   |
|-----------|-------------|-------------|----------------|----------------------|---|
| CENOZOICO | CUATERNARIO | RECIENTE    | -              |                      | SUELOS ORGANICOS Y DEPOSITOS DE ALUVION   |
|           |             | HOLOCENO    | 5-15           |                      | VULCANISMO BASALTICO Y PIROCLASTICOS  |
|           |             | PLEISTOCENO | 80             |                      | DEPOSITOS CONTINENTALES, ARENAS, TOBAS Y CONGLOMERADOS.   |
|           | TERCIARIO   | PLIOCENO    | +              |                      | VULCANISMO TERCIARIO REPRESENTADO POR DERRAMES Y TOBAS RIOLITICAS.  |
|           |             | MIOCENO     | 50             |                      | FORMACION CEDROS - DERRAMES ANDESITICOS Y BASALTICOS  |
|           |             | OLIGOCENO   | 100-150        |                      | FORMACION CALDERONES - ROCAS VOLCANICAS PIROCLASTICAS   |
|           |             |             | 180            |                      | FORMACION BUFA - DERRAMES Y TOBAS DE COMPOSICION RIOLITICA.   |
|           |             | EOCENO      | 210            |                      | FORMACION LOSERO - ARENISCAS Y TOBAS  |
|           |             | PALEOCENO   | 400            |                      | FORMACION GUANAJUATO - REPRESENTADO POR FRAGMENTOS DE CUARZO, CALIZA, GRANITO, ANDESITAS - CEMENTADO POR UNA MATRIZ ARCILLOSA   |
|           |             |             | 800            |                      | FORMACION SOYATAL - MEZCALA ALTERNANCIA RITMICA DE CALCARENITAS, CALIZAS LAMNADAS LUTITAS Y MARGAS.   |
| MESOZOICO | CRETACICO   | SUPERIOR    | 500            |                      | FORMACION EL DOCTOR DEPOSITOS SEDIMENTARIOS MARINOS DEL TIPO CALCAREO - ARCILLOSAS  |
|           |             | MEDIO       | 150            |                      | FORMACION TARAISES CALIZA MASIVA FOSILIFERA.  |
|           |             | INFERIOR    | 800            |                      | ROCAS ULTRAMAFICAS - ROCAS BASICAS E INTERMEDIAS  |
|           | JURASICO    | SUPERIOR    | 1000           |                      | FORMACION TRANCAS - CONSTITUIDA POR LUTITAS, FILITAS PIZARRAS, ESQUISTOS CUARZOSOS Y HORNFELS.  |
|           |             | MEDIO       | 200            |                      | HORNFELS - ROCAS METASEDIMENTARIAS CON UN GRADO DE SILICIFICACION MUY ALTA.   |
|           |             | INFERIOR    | 60-100         |                      | FORMACION LA LUZ - UNA SUCCESION DE LAVAS Y EN LA CIMA ROCAS CALCAREO - ARCILLOSAS.   |
|           | TRIASICO    | SUPERIOR    | 1000           |                      | FORMACION ESPERANZA - ESTA REPRESENTADA HACIA LA BASE POR LUTITAS CARBONOSAS Y HACIA LA CIMA POR LUTITAS, LIMOLITAS, LUTITAS CALCAREAS - INTERCALADAS CON DERRAMES ANDESITICOS. |
|           |             | MEDIO       |                |                      |   |
|           |             | INFERIOR    |                |                      |   |

Hasta el momento estoy tomando la mecánica de suelos general de todo el Estado para dar un panorama de como se encuentra conformado el suelo regional.

Ahora tomaré el estudio puntual de las columnas que se tendrán que colocar en el tramo 68+000 a 81+940 km el cual se encuentra a las afueras de Silao, en donde la topografía es muy accidentada, por lo tanto se deberán colocar tramos de la vía elevados. La vía será elevada por un sistema de columnas.

La información que ahora presentaré es de un pozo ubicado en el km 73+500 del trazo de la vía, en donde se colocará una de las columnas anteriormente citadas.

#### *Metodología del Estudio*

De cada una de las exploraciones fueron efectuados los muestreos hasta la profundidad permitida (limitada por la dureza del material de suelo y/o calidad del mismo). Los materiales fueron debidamente revisados para comprobación de la condición general de tipo y calidad del material de suelo. A la profundidad donde se encontró el suelo natural, fue medida la consistencia mediante impactos de penetración estándar, además de llevar a cabo las determinaciones de densidad del lugar.

El muestreo de los materiales de suelo debido principalmente a la estructuración de éstos, fue efectuada por el sistema de muestreo alterado e inalterado, mismo que fuera aplicado en cada estrato de suelo natural del lugar localizado durante la exploración. Una vez logradas las muestras de suelo, fueron transportadas a las instalaciones del Laboratorio central, dónde se consideró que las muestras fueron suficientes y representativas del lugar de estudio. Procediéndose al procesamiento de las mismas a través de análisis físicos, con lo

que se han determinado las características básicas de clasificación y evaluación de consistencia, mismas que a su vez fueron comparadas con las propiedades materiales registradas y alcanzadas en campo, por lo que se pudo medir y correlacionar la consistencia de los materiales con la resistencia del propio suelo en el lugar de proyecto.

#### *Propiedades mecánicas*

A varias profundidades fueron practicadas penetraciones estándar. En este ensaye directo al suelo, la energía de hincado se hace constante sobre la herramienta de perforación, registrándose el número de golpes ejercidos hasta que el muestreador penetre libremente 0.30 mts., con lo que se correlaciona la resistencia a la penetración con la consistencia del suelo, considerándose ésta como una medida indirecta de capacidad de carga.

#### *Resumen estratigráfico de materiales localizados en el lugar*

Basados en la experiencia que se ha desarrollado, en cuanto a las condiciones que se presentaron en el material del suelo de lugar analizado, las cuales corresponden a materiales naturales. Por consecuencia podemos asegurar que el material de suelo analizado, es considerado como natural del lugar corresponde a una formación original con tintes homogéneos, lo que depende del tipo de suelo mismo que por sí solo se zonifica de acuerdo a su naturaleza.

Coronando la formación de suelo original, se podrá apreciar una capa de materia vegetal del lugar, capa que se define por sí sola, la cual varía en espesores de 0.50 a 0.80 m. Esta capa de material registra poca consistencia ya que se halla en estado de humedad media, viéndose afectada por los vestigios vegetales. Esta capa de material deberá cortarse y desperdiciarse preferentemente.

Subyaciendo la primer capa identificada como vegetal, de acuerdo a las ubicaciones de los pozos mismos que se efectuaron en un trazo lineal orientados de Norte a Sur. El material que se aprecia en este corte corresponde a una combinación de materiales entre los que predominan las arenas arcillosas de color blanco aperlado con algunos tintes plásticos fuertes en el inicio del estrato (primer capa) . Esta se ha considerado como la primer capa del material del lugar, materiales con registro de media plasticidad y de media a firme consistencia, material estable.

A esa capa le subyace un material integrado por una arena arcillosa con gravas, material firme, de media plasticidad en estado de media humedad, mantiene un color blanco aperlado, material estable equilibrado en cuanto a su composición molecular (friccionante/cohesivo).

Tal como se ha mencionado la formación general no presenta inestabilidad en cuanto a la estructuración molecular de las partículas del suelo, composición de material que se integra o se forma dando origen al suelo del lugar. Enmarcando la calidad de los materiales que forman el contexto petrográfico del sitio de proyecto, se podrán clasificar como materiales de predominio Cohesivo friccionante en estado sano sin contaminaciones orgánicas o físicas (a partir de la segunda capa).

En los anexos que se adjuntan correspondientes a los análisis estratigráficos, de penetración y granulométricos, se describen gráficamente los valores de cada estrato del material de suelo localizado en la exploración, así mismo se describen los valores logrados en Laboratorio y gabinete.

### *Capacidad de carga*

Por los resultados logrados en los ensayos de campo y laboratorio, apoyados en los criterios empleados por Terzaghi, par determinar capacidad de carga en materiales de suelos Cohesivo y Friccionantes, así también, en base a las experiencias documentadas en el acervo del laboratorio, donde a suelos similares de áreas semejantes se les han supuesto profundidades variables con un ancho definido igual a 1.0 m de donde se establece que la capacidad de carga unitaria es de:

| <b>PROFUNDIDAD</b> | <b>CAPACIDAD DE CARGA</b> |
|--------------------|---------------------------|
| 1.00 m             | 6.0 ton/m <sup>2</sup>    |
| 1.50 m             | 10.0 ton/m <sup>2</sup>   |
| 2.00 m             | 14.0 ton/m <sup>2</sup>   |
| 3.00 m             | 16.0 ton/m <sup>2</sup>   |

Las profundidades son promedio, con respecto al nivel del terreno actual.

*Datos técnicos de los materiales analizados en laboratorio, valores logrados en promedio*

#### **Ángulo de fricción**

Material Areno arcilloso color Blanco aperlado de 30 a 32 grados

#### **Ángulo de reposo de los materiales**

Material Areno arcilloso color Blanco aperlado NO MAS DE 60 grados

**NOTA:** La relación de ángulo de reposo se refiere a: el primer número será relacionado a la altura del talud, mientras que el segundo número estará relacionado a la inclinación del talud.



**Clasificación de dureza**

Material Areno arcilloso color Blanco aperlado A-60%, B-40%, C-00%


*Aguas Subterráneas*

Durante la exploración e investigación en campo se localizó manto friático a 4.50 m de profundidad pero no se halló escurrimiento subterráneo alguno. Esta condición no limita la probabilidad de que en algún otro punto o tiempo, pudiera aparecer algún escurrimiento subterráneo.

Ahora se presentará un análisis estratigráfico de la zona en estudio.

| <b>Estratigrafía</b>  | <b>S<br/>U<br/>C<br/>S</b> | <b>P<br/>E<br/>R<br/>F</b>                                      | <b>P<br/>R<br/>O<br/>F</b> | <b>PROPIEDADES INDICE</b> |           |           |           |           |
|---|----------------------------|---|----------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   |                            |   |                            | <b>LI</b>                 | <b>Lp</b> | <b>Ip</b> | <b>Cl</b> | <b>%w</b> |
| <b>Material Natural del Lugar</b><br>Integrado por arcillas arenosas, material de pobre consistencia, registra media plasticidad con un registro de media humedad, mantiene un color café oscuro con vestigios vegetales. | Cl                         | +Vv+Vv+Vv   | 0.70                       | 45.3                      | 23.8      | 21.5      | 6.8       | 13.20     |
|   |                            | :::::::::::<br>+++++++<br>:::::::::::<br>+++++++<br>::::::::::: |                            |                           |           |           |           |           |
| <b>Material Natural del Lugar</b><br>Integrado por arenas arcillosas, material de firme consistencia, registra media plasticidad con un registro de media humedad, mantiene un color blanco aperlado.                     | Sc                         | :::::::::::<br>+++++++<br>:::::::::::<br>+++++++<br>::::::::::: | -0.7                       | 36.4                      | 20.1      | 16.3      | 4.7       | 18.70     |
|   |                            | +++++++<br>:::::::::::<br>+++++++<br>:::::::::::                |                            |                           |           |           |           |           |

### SIMBOLOGIA

|   |                |
|---|----------------|
| ++++++  | Arcilla        |
| Xx Xx Xx Xx   | Mat. Suelto    |
| =====   | Limos          |
| Vv Vv Vv Vv   | C.Vegetal      |
| :::::::::::   | Arenas         |
| Oo Oo Oo O  | Boleos         |
| //////// //   | Roca           |
| *****   | Gravas         |
|  | Nivel Friático |

#### Desplante y tipo de cimentación

De acuerdo a mi apreciación, por el tipo de suelo encontrado en la exploración, se recomienda que una vez que se halla desalojado el material contaminado se proceda al desplante de la cimentación y que ésta se desarrolle a base de Zapatas aisladas desplantadas a 2.00 m, de profundidad respecto al nivel actual.

Para el desplante a la profundidad sugerida de la zapata de cimentación se ha considerado un empotramiento mínimo de cuando menos el espesor de la base de la propia zapata con una capacidad de carga igual a 10.0 ton/m<sup>2</sup>.

Las columnas se desplantarán con una zapata, la cual será diseñada para todas las columnas.

---

## ESTRUCTURA

Los tramos elevados de vías se construirán con columnas prefabricadas de concreto armado de  $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ , similares a las que se emplean en los distribuidores viales o en los tramos de metro elevado. Estas columnas se fabricarán en un espacio abierto cercano al sitio de colocación de las mismas y serán transportadas en trailers hasta el sitio de colocación.

Las columnas anteriormente citadas son la opción más adecuada para el proyecto ya que el colarlas "in situ" haría que se empleara mucho más mano de obra que la que se utilizará.

Para poder colocar las columnas, previamente se tiene que construir la zapata sobre la cuál se desplantará cada columna y ya que obtengan la resistencia adecuada se podrá proceder a unir los tramos por medio de una cimbra de avance, cuyo procedimiento se describirá a continuación.

### *CIMBRA DE AVANCE*

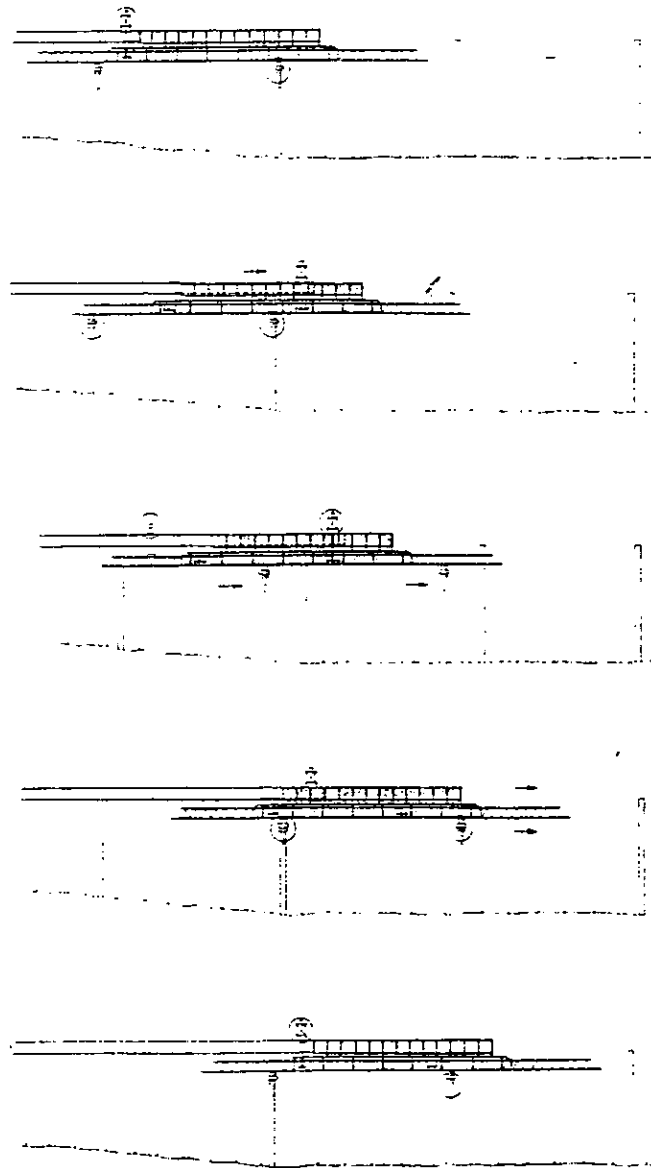
Las cimbras de avance hacen posible la construcción de puentes en vanos continuos independientemente de las condiciones del terreno. Empleando los pocos elementos standard de la viga HV, se pueden ensamblar diversas secciones y luces. Con este principio del mecano se abren nuevos aspectos económicos y técnicos en la construcción de puentes.

Las ventajas que ofrece el sistema de cimbra de avance en general son:

- Cualquier longitud de viga.
- Diversos cantos de vigas, desde aprox. 0.80 a 4.20 m.
- Momento flector admisible por unidad de viga cajón  $\pm 3.200$  a  $\pm 4.600$  kNm.
- Peso máximo por unidad de viga cajón 1.5 T.
- Anchura máxima para el transporte por unidad de viga cajón de 2.50 m.
- Reutilizaciones múltiples.

Durante las fases de avance y de colado, las cimbras de avance se apoyan sobre las columnas definitivas y se suspenden del último tramo construido del puente. Las consolas se fijan a los pilares del puente mediante barras pretensadas.

El principio de funcionamiento de la cimbra es el siguiente:



1.- Posición durante la fase de colado.

Apoyo sobre las consolas anteriores y se cuelga del voladizo del vano ya colado.

2.- Se desencofra y se hace descender la cimbra, a continuación se avanza hasta que su centro de gravedad esté por encima de los pilares de apoyo correspondientes.

3.- Se hacen avanzar las consolas, momento en el que la cimbra se halla totalmente suspendida de las vigas de anclaje.

4.- La cimbra se hace avanzar longitudinalmente hasta alcanzar la siguiente posición de colado.

5.- La cimbra se halla en la nueva posición de colado.

○ = El círculo indica el sitio de anclaje en cada posición de la cimbra.

### *Secciones de las vigas*

Dos vigas de alma llena HV se pueden unir mediante riostras standard y vigas transversales para formar secciones de cajón o de artesa, indeformables a la torsión. Las riostras inferiores horizontales de alma llena sirven al mismo tiempo de pasarela. La sección es accesible mediante agujeros de hombre situados en los elementos de alma llena laterales.

Con los pocos elementos standard de la viga HV, se pueden formar las más diversas secciones de viga principal. Gracias al principio del mecano, es posible adaptar cualquier tipo de cargas y luces, lo cual reasegura su reutilización

múltiple. Por consiguiente, es igualmente posible su empleo económico para puentes de longitudes pequeñas. Sin equipo de avance, se puede igualmente emplear como cimbra fija. (Gran capacidad portante a escasa altura de construcción).

#### *Sistema de Unidades Normalizada*

La pieza máxima de un elemento estructural pesa 1.50 Mp. Debido a ello, la viga cajón preensamblada es de 2.50 m, lo que permite su transporte por carretera.

Los cinturones y los elementos de alma tienen longitudes de 6m, 4m y 2m. Por consiguiente se pueden formar vigas de cualquier longitud, escalonadas de 2 en 2 m.

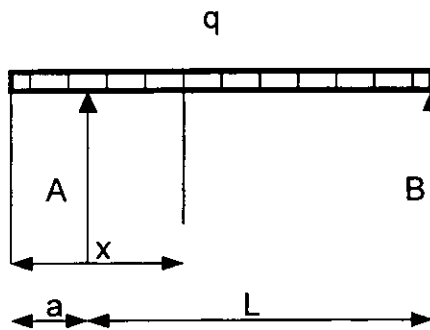
#### *Cargas y Características estáticas*

- Determinación de las secciones de la viga principal

Según su altura una viga de bajón puede soportar cargas monoaxiales con momentos flectores de  $\pm 3.200a \pm 36.000$  kNm (En casos especiales hasta  $\pm 46.000$  kNm). Los elementos de alma llena tienen una gran capacidad de carga con baja altura de construcción y una flecha reducida. La indeformabilidad a la torsión permite la colocación de cargas descentradas, con reducidas variaciones de las flechas de las almas (p. ej. puentes en curva). El sistema también permite la introducción de elevadas cargas puntuales en cualquier punto de los cinturones superior e inferior, así como el apoyo o la suspensión de las vigas en cualquier punto.

Las vigas principales, elementos de base del equipo de avance, son vigas de alma llena formadas por cinturones iguales y almas de altura variable unidos entre sí por tornillos HV. Para la adaptación de las correspondientes cargas y luces se pueden utilizar vigas de 845 mm hasta 3.186 mm de alto (en casos especiales hasta de 4.236 mm de alto).

Las ecuaciones que se utilizan para el cálculo serían las siguientes :



A = Apoyo sobre pilar

B = Anclaje

|                                    |
|------------------------------------|
| $c = \frac{a}{L}$                  |
| $x = \frac{L}{2}(c + 1)^2$         |
| $A = \frac{q \cdot L}{2}(c + 1)^2$ |

Momento máximo en el vano:

$$M_x = K_1 \cdot \frac{q \cdot L^2}{8}$$

Momento máximo en el apoyo:



$$M_{St} = K_2 \cdot \frac{q \cdot L^2}{8}$$

Flecha máxima en el centro del vano:

$$f_{feld} = K_3 \cdot \frac{q \cdot L^4}{J}$$

siendo:

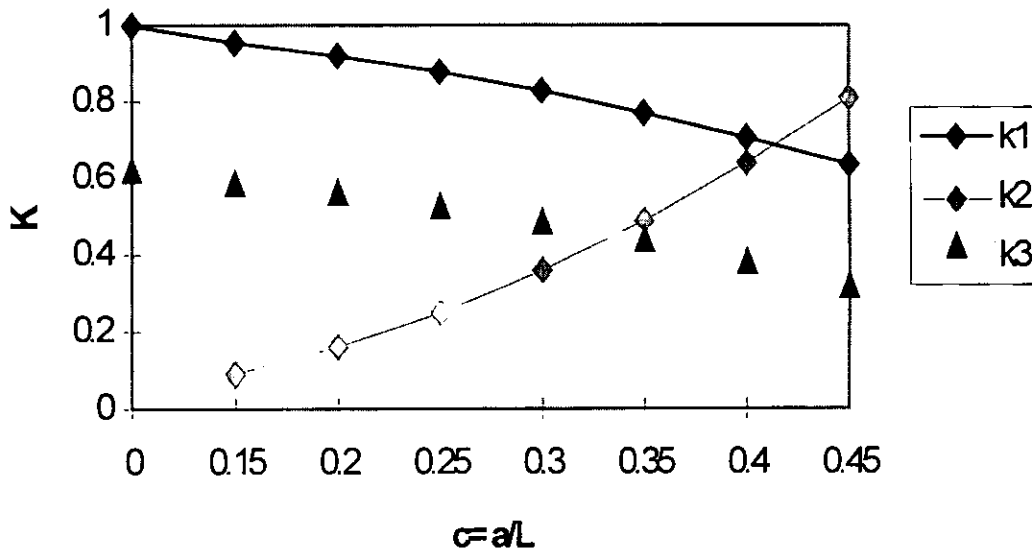
$$q = [kN/m]$$

$$J = [cm]$$

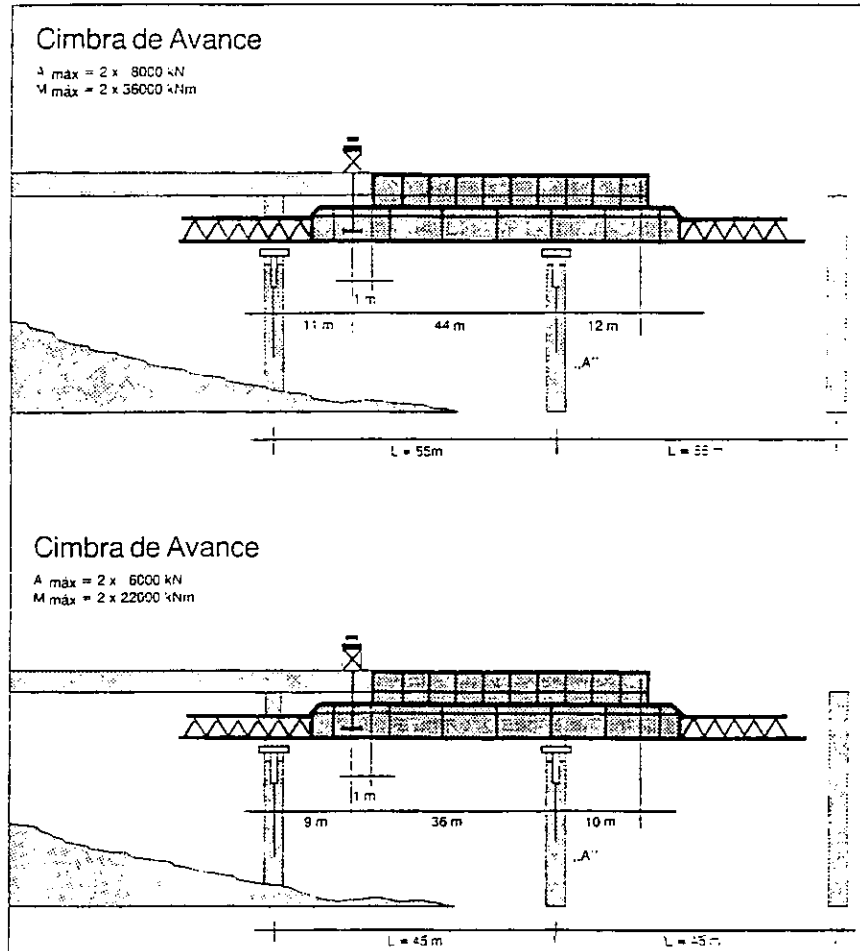
$$L = [m]$$

La gráfica para calcular las constantes es la siguiente :

### Cálculo de las constantes



En la siguiente gráfica observamos el perfil de como se coloca la cimbra de avance.



Teniendo las ecuaciones anteriormente colocadas, podremos diseñar los tramos de vía elevados, el diseño sería parte de un tema más específico de cálculo o de construcción de los tramos elevados por lo cual hasta aquí se dejará el procedimiento estructural de los tramos elevados.

---

## INSTALACION HIDROSANITARIA

### Instalación Hidráulica

La instalación hidráulica es la prolongación dentro de la edificación de la red de agua potable, y su eficiencia y calidad en gran medida estarán determinadas por ella, aunque se puede hacer modificaciones; por ejemplo para mejorar la calidad es frecuente poner filtros, si el suministro no es continuo o le falta presión, como puede pasar en algunas estaciones retiradas del centro urbano, se harán cisternas y colocarán bombas, etc.

Según el Reglamento de Construcción del Estado de Guanajuato, la dotación en Estaciones de Transporte es de 10 l/pasajero/día. si suponemos que en cada estación habrá un promedio de 200 pasajeros diarios necesitaremos almacenar 2000 l diarios para abastecer la demanda de los sanitarios, tanto en lavamanos como en inodoros, colocaremos entonces en cada estación una pequeña cisterna o un tinaco en las estaciones que lo requieran, los cuales se ubicarán en un lugar de fácil acceso y alejado de las aguas negras.

### Instalación sanitaria

Antes de mencionar los detalles de la instalación sanitaria en las estaciones más grandes debo mencionar que una adecuada instalación sanitaria debe satisfacer los siguientes puntos:

- Hacer que las servidas desaparezcan del inmueble antes de herir los sentidos o provocar daños a la salud.

- Toda instalación sanitaria se conectará a una fosa séptica o a la red de alcantarillado público (en las estaciones que requieran sanitarios y estén cercanas a la red de alcantarillado sanitario público).
- Si se requiere una conexión a la red pública se colocarán un adecuado número de registros, los cuales permitirán revisar la red en puntos conflictivos como uniones o a distancias periódicas, con sello hidráulico que evite el paso de animales nocivos hacia el interior.
- Deberá tener pendientes mínimas de 1.5%, las conexiones se harán a 45° y no perpendiculares.

Si se tiene cerca la red de alcantarillado, la acometida a la alcantarilla transportará las aguas servidas por la estación a la alcantarilla y unirá el registro de terminación del albañal con la red pública, éste será un tubo de concreto simple con una pendiente de 2.5%. El albañal colector se colocará en el nivel más bajo de la estación y quedará conectado a los bajantes. este albañal tendrá una pendiente de 3%.

Otra opción que sería adecuado analizar más profundamente es la de rentar sanitarios móviles (Sanirent) para colocarlos en las estaciones menores ya que no se tendrá que invertir en instalación sanitaria.

## Instalación Eléctrica

En lo referente a la instalación eléctrica propiamente dicha se describirán a continuación brevemente las parte que la integrarán:

- Acometida eléctrica: llegará en forma aérea mediante el uso de un transformador principal. La energía a utilizar se obtendrá de plantas productoras de energía autónoma.
- Equipo de medición: registrará el consumo de la instalación en su totalidad, lo cual permitirá un control adecuado del mismo.
- Circuito de entrada: conducirá la energía eléctrica desde los medidores hasta los interruptores de entrada. La magnitud del consumo de energía esperado indicará el número de fases necesarias, cada una de las cuales se suministrará a través de un hilo.
- Cables alimentadores: pueden ser principales o secundarios. Se considerarán alimentadores principales los que van del medidor al tablero principal y de éste a los tableros de distribución a los tableros de alumbrado y de fuerza, o de este último a los centros de control.
- Centros de distribución: se denominarán de este modo a los tableros principales, secundarios o de fuerza que permiten distribuir la energía eléctrica. Constan de un sistema interruptor, de cuchillas y fusibles que protegen la red de sobrecargas y cortos circuitos.
- Circuitos derivados básicos: son aquellos que llevan directamente la energía del último tablero al sitio donde es necesario su empleo para alumbrado o fuerza.

- Protección y control de la red: todas las instalaciones y los equipos se protegerán de sobrecargas y cortocircuitos y en algunos casos de fallas a tierra por medio de sistemas de protección total o local. Además se tendrá especial cuidado en casos de altos y bajos voltajes, temperaturas y rayos.
- Ductos: los ductos donde se aloja a los conductores son tubos denominados conduit, los cuales serán galvanizados rígidos de pared gruesa. Su doblado se hará con herramientas adecuadas, evitando con ello que su diámetro se reduzca de manera importante. Los accesorios serán del tipo conduit ya que son los más comunes en este tipo de instalaciones.
- Conductores: se usarán de cobre forrado THW, los cuales soportan temperaturas máximas de 75<sup>a</sup> C, recubiertos de un material aislante compuesto por termoplásticos con cubierta externa retardadora de la flama.

---

***CAPÍTULO IV***  
***FINANCIAMIENTO***

---

## ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

Debemos mencionar que estas simulaciones financieras se harán únicamente para la que hemos estado considerando como FASE 1 del proyecto, ya que es la más representativa.

### COSTOS

#### *COSTOS DE CONSTRUCCIÓN*

|                    |              |
|--------------------|--------------|
| - Obra Civil       | US\$ 154.4 M |
| - Maquinaria Fija  | US\$ 112.0 M |
| - Material Rodante | US\$ 96.0 M  |

TOTAL: US\$ 362.4 M      **US\$ 362.4 M**

#### *DERECHOS DE VÍA*

**US\$ 20.1 M**

#### *SERVICIOS PROFESIONALES*

|   |             |
|---|-------------|
| - Gerencias, Ingeniería, Coordinación<br>y comisiones | US\$ 50.0 M |
| - Entrenamientos                                      | US\$ 7.2 M  |

TOTAL: US\$ 57.2 M      **US\$ 57.2 M**



---

*COSTOS DEL FINANCIAMIENTO*

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| - Intereses durante la constr. | US\$ 66.4 M |
| - Fianza por terminación       | US\$ 10.0 M |
| - Pagos por derechos           | US\$ 3.0 M  |
| - Seguros                      | US\$ 15.0 M |
| - Cuotas financieras           | US\$ 22.2 M |
| - Derecho de importación       | US\$ 3.6 M  |
| - Contingencias                | US\$ 5.0 M  |

TOTAL: US\$ 125.2 M      **US\$ 125.2 M**

**TOTAL DE LA FASE 1**      **US\$ 565.0 M**

*REPARACIONES MAYORES DEL MATERIAL RODANTE (PAGADO DEL FLUJO)*

| <b>AÑO</b> | <b>CANTIDAD</b> |
|------------|-----------------|
| 15         | US \$ 70 M      |
| 24         | US \$ 70 M      |

---

*REINVERSIÓN EN MATERIAL RODANTE*

| <b>AÑO</b> | <b>CANTIDAD</b> |
|------------|-----------------|
| 9          | US \$ 92 M      |
| 20         | US \$ 284 M     |
| 27         | US \$ 374 M     |

**ESTRUCTURA FINANCIERA**

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| Capital (inicial) | US \$ 200 M |
| Préstamos         | US \$ 365 M |

## SIMULACIONES FINANCIERAS

### A) CONSTRUCCIÓN (24 MESES)

| CONCEPTOS                              | MILLONES DE DÓLARES |
|--|---------------------|
| 1.- OBRAS CIVILES                      | 140.38              |
| + CONTINGENCIAS EN OBRAS CIVILES 10%   | 14.04               |
| 2.- EQUIPO                             | 111.98              |
| 3.- MATERIAL RODANTE                   | 96.00               |
| 4.- ASISTENCIA TÉCNICA                 | 7.15                |
| 5.- GERENCIAS, INGENIERÍA Y COMISIONES | 50.05               |
| 6.- DERECHOS DE VÍA                    | 20.17               |
| 7.- OTROS COSTOS                       |                     |
| 7.1.- COSTOS FINANCIEROS               | 66.43               |
| 7.2.- GARANTÍA POR TERMINACIÓN DE OBRA | 10.00               |
| 7.3.- CUOTAS                           | 3.00                |
| 7.4.- SEGUROS                          | 15.00               |
| 7.5.- IMPUESTOS LICENCIAS Y DERECHOS   | 3.64                |
| 7.6.- OTROS GASTOS                     | 22.25               |
| 7.7.- CONTINGENCIAS                    | 5.00                |
| <b>TOTAL</b>                           | <b>565.09</b>       |

### CAPITAL FINANCIERO

|                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1) INVERSIONISTAS | 200 M US \$        |
| 2) GERENCIAS      | -----              |
| <b>TOTAL</b>      | <b>200 M US \$</b> |

**CONSTITUCIÓN DEL FINANCIAMIENTO**

| PRÉSTAMOS             | M US \$       | INTERESES |
|-----------------------|---------------|-----------|
| PRÉSTAMO 1            | 55.00         | 11.5 %    |
| PRÉSTAMO 2            | 55.00         | 11.5 %    |
| PRÉSTAMO 3            | 55.00         | 11.5 %    |
| PRÉSTAMO 4            | 55.00         | 11.5 %    |
| PRÉSTAMO 5            | 55.00         | 11.5 %    |
| PRÉSTAMO 6            | 90.09         | 11.5 %    |
| <b>PRÉSTAMO TOTAL</b> | <b>365.09</b> |           |

RESERVA 35 M US \$

**B) OPERACIÓN (PRIMER AÑO)**

- a) Ocupación diaria del sistema 128700 pasajeros
- b) Tarifa del boleto (US \$/km/pas) 0.0624 = 0.5 \$/km/pas
- c) Viaje promedio (km/pas) 40.1
- d) Carros de pasajeros al inicio 40

Resultados

**ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA**

**1.1 INGRESOS**

|                         | US \$ M       |
|-------------------------|---------------|
| OCUPACIÓN               | 115.93        |
| INGRESOS POR PUBLICIDAD | 2.01          |
| OTROS INGRESOS          | 2.01          |
| <b>TOTAL</b>            | <b>119.95</b> |

**1.2 EGRESOS**

| US \$ M        |              |
|----------------|--------------|
| SALARIOS       | 5.21         |
| MANTENIMIENTO  | 1.32         |
| COMBUSTIBLE    | 2.12         |
| IVA ACREDITADO | 2.02         |
| IMPUESTOS      | 2.22         |
| OTROS          | 10.01        |
| <b>TOTAL</b>   | <b>22.90</b> |

**INFLACIÓN**

| PTJ                  |      |
|----------------------|------|
| SALARIOS             | 0.0  |
| MANTENIMIENTO        | 0.0  |
| COMBUSTIBLE          | 0.0  |
| TARIFA               | 0.0  |
| INDICE INFLACIONARIO | 12.0 |

**FINANCIAMIENTO DE LA DEUDA**

|              | <b>M US \$</b> | <b>INTERESES</b> | <b>A PAGAR EN</b> |
|--------------|----------------|------------------|-------------------|
| PRÉSTAMO 1   | 55.00          | 11.5 %           | 9 AÑOS            |
| PRÉSTAMO 2   | 55.00          | 11.5 %           | 9 AÑOS            |
| PRÉSTAMO 3   | 55.00          | 11.5 %           | 9 AÑOS            |
| PRÉSTAMO 4   | 55.00          | 11.5 %           | 9 AÑOS            |
| PRÉSTAMO 5   | 55.00          | 11.5 %           | 9 AÑOS            |
| PRÉSTAMO 6   | 90.09          | 11.5%            | 9 AÑOS            |
| <b>TOTAL</b> | <b>365.09</b>  |                  |                   |

**REINVERSIÓN DEL MATERIAL RODANTE**

|                     | <b>M US \$</b> | <b>INTERESES</b> | <b>A PAGAR EN</b> |
|---------------------|----------------|------------------|-------------------|
| 2ª COMPRA DEL M. R. | 48.00          | 10.0 %           | 10 AÑOS           |
| 3ª COMPRA DEL M.R.  | 57.60          | 10.0 %           | 10 AÑOS           |
| 4ª COMPRA DEL M.R.  | 48.00          | 10.0 %           | 10 AÑOS           |
| 5ª COMPRA DEL M.R.  | 57.60          | 10.0 %           | 10 AÑOS           |
| 6ª COMPRA DEL M.R.  | 57.60          | 10.0 %           | 10 AÑOS           |
| <b>TOTAL</b>        | <b>268.80</b>  |                  |                   |

**C) GENERALES**

|  |               |
|--|---------------|
| PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN                              | 24 MESES      |
| PERÍODO DE CONCESIÓN                                 | 30 AÑOS       |
| FLUJO DE CAJA MÍNIMO (ACTUAL)                        | 23.4 M US\$   |
| CRECIMIENTO ANUAL DE OCUPACIÓN                       | 4.00 %        |
| TIPO DE CAMBIO                                       | 7.50 \$/US \$ |
| TASA INTERNA DE RETORNO (DESPUÉS DE PAGAR IMPUESTOS) | 21.25 %       |

*TASAS DE INTERÉS*

|                                 | %     |
|---------------------------------|-------|
| INTERESES PAGADOS AL EXTRANJERO | 4.90  |
| IMPORTACIONES                   | 4.90  |
| IVA CONSTRUCCIÓN                | 15.00 |
| IVA OPERACIÓN                   | 15.00 |
| IMPUESTO SOBRE LA RENTA         | 34.00 |
| PTU                             | 10.00 |

**D) PERÍODO DE DEPRECIACIÓN**

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| OBRA CIVIL                    | 20 AÑOS |
| MAQUINARIA FIJA               | 20 AÑOS |
| MATERIAL RODANTE              | 15 AÑOS |
| TIERRA                        | 30 AÑOS |
| SERVICIOS PROFESIONALES       | 10 AÑOS |
| OTROS COSTOS Y FINANCIAMIENTO | 10 AÑOS |
| 2ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE | 20 AÑOS |
| 3ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE | 20 AÑOS |
| 4ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE | 20 AÑOS |
| 5ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE | 20 AÑOS |
| 6ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE | 20 AÑOS |



## ANÁLISIS DE RIESGOS

El financiamiento de un proyecto requiere de un análisis adecuado de riesgos y su mitigación, para que los participantes del proyecto puedan identificar los peligros que puede tener su capital durante el desarrollo del proyecto.

Los objetivos de esta sección son:

- dar confianza a los inversionistas
- asegurar que el sistema será confiable, para proteger la inversión así como los ingresos durante la operación del sistema;
- ayudar a los operadores a trabajar sin el temor de arriesgar la inversión esperada;
- mantener una buena operación del sistema para que la compañía operadora tenga posibilidades de ampliar su red a entidades adyacentes.

La esencia del financiamiento del proyecto es de enterar a los inversionistas de los posibles riesgos que podrían causar que no se recuperara la cantidad de dinero esperada. El riesgo está asociado con retrasos en la construcción, alzas en los precios o fallas de terceros por no cumplir con los compromisos adquiridos.

Un financiamiento convencional está basado en el crédito del que financia, los activos existentes, factibilidades, sus inversiones previas, su historia de operación y sus prospectos. En gran parte, el análisis histórico está basado en los préstamos que ha hecho con anterioridad la institución que otorgará el crédito y

con su habilidad para hacer que el cliente pueda pagar además otras deudas que pretenda adquirir.

En este proyecto la institución que otorga el crédito no puede comparar con las actividades pasadas pero debe analizar las actividades a realizar como:

- la adecuación y aceptabilidad de los contratos que se adquirirán
- la determinación de las partes de cumplir adecuadamente con los contratos;
- la factibilidad, aunque sea en un anteproyecto, del funcionamiento del sistema de manera adecuada a un nivel establecido;
- la precisión del control presupuestal y de los costos de operación;
- la validez de las proyecciones económicas en los costos operativos, intereses y el pago de la deuda.

### **Categorías de riesgos**

Los financiamientos de proyectos son transacciones complejas que requieren que todos los riesgos de proyecto que puedan afectar al flujo de caja sean analizados y minimizados.

- Riesgos externos

Riesgos políticos de regulación en el país.

- Riesgos de proyecto

Alza de precios de los insumos, causas de fuerza mayor, riesgos operativos y el riesgo de competencia anticipada.

### **Riesgos políticos y regulatorios dentro del país**

Estos riesgos se pueden agrupar en 5 categorías:

- Inversión extranjera;
- Conversión monetaria y transferencia;
- Problemas ambientales y de tierra;
- la habilidad de proveer seguridad colateral;
- el estado de las leyes y del sistema legal en el país.

### **Inversión extranjera**

El inversionista podrá recuperar sus activos. A pesar de que se tendrá que pagar un 4.9% de intereses a los prestamistas extranjeras, este impuesto estará considerado dentro de los costos operativos.

### **Conversión monetaria y transferencia**

Un componente importante de los riesgos en el país es la conversión monetaria. Los riesgos monetarios en un proyecto aumentan cuando los gastos, el capital y el financiamiento de la deuda están en más de una unidad monetaria.

Siendo que la mayor parte de los gastos están en pesos mexicanos, las fluctuaciones del tipo de cambio deberán estar detalladas en un análisis de riesgo finito más específico. Este análisis de riesgo dará la seguridad ante cualquier probable devaluación monetaria.

### **Impactos ambientales y de uso de suelo**

Generalmente para este tipo de proyectos se solicita la entrega del estudio de impacto ambiental 4 meses antes de que se comience con la construcción de la obra. En los costos de producción se agregan los relativos a muros de mitigación de ruidos, también se incluyen los costos por protección en los derechos de vía para evitar el crecimiento de vegetación.

### **Habilidad de proveer seguridad colateral**

Cuando se realiza un préstamo del extranjero a México el organismo que otorga el préstamo requiere de ciertos seguros que se deben pagar para asegurar que la cantidad que se está prestando será liquidada.

El fideicomiso de garantía es uno de los tantos que se deben tener para minimizar los riesgos por falta de pago con respecto a ciertos tipos de colateral.

## **El estado de las leyes y del sistema legal en México**

La mayoría de los documentos de financiamiento pueden ser realizados de manera que puedan ser aplicados bajo las leyes mexicanas. Contratos de construcción, acuerdos de compra de activos, contratos de proveedores, contratos de operación y mantenimiento y acuerdos de concesión pueden estructurarse de tal manera de que en México se puedan aplicar bajo las leyes mexicanas. Es importante en este tipo de contratos agregar las cláusulas de especificación por daños al liquidar o por multas.

## **Riesgo de terminación de obra**

El riesgo por terminación de obra es quizás el mayor riesgo que se presenta a la parte financiadora en el financiamiento de un proyecto. Cada uno de los contratos necesarios para construir y operar un proyecto deben de ser asesorados.

Durante la fase de construcción los siguientes tres factores son importantes:

- El costo total de la construcción;
- la duración del período constructivo;
- la habilidad de terminar y poder operar el proyecto a tal nivel que genere los ingresos suficientes para cubrir los costos operativos y el servicio de deuda y que además ofrezca ganancias a los dueños del proyecto.

En el proyecto del Tren Rápido interurbano de Guanajuato, los riesgos constructivos se deben de evitar fijando precios y contratos de obra , además de debe procurar que los avances de obra se cumplan de acuerdo con lo establecido.

### **Riesgos de fuerza mayor**

Otro factor importante que se debe considerar para el flujo de caja es la posibilidad de que existan causas de fuerza mayor como medidas drásticas del gobierno, actos de guerra, embargos, desmanes, insurrecciones, cambios a la legislatura, cambios en la ley, particularmente en lo ambiental y en lo relativo a impuestos.

Para poder mitigar los riesgos de fuerza mayor, los siguientes instrumentos:

- seguros de cobertura amplia contra accidentes de trabajo y seguros de interrupción de trabajo.
- un fondo del servicio de deuda se requiere durante un período de tiempo específico, típicamente de 6 meses a un año, los fondos se obtendrán de los excedentes en el flujo de caja. En este proyecto se debe dar una garantía por terminación de obra y éste sustituirá el fondo de reserva.
- se requiere también un fondo de reserva para cubrir composturas mayores o mantenimiento anticipado y se deberá incluir en la simulación financiera.

### **Riesgos operativos**

Se debe seleccionar a un operador capaz de asumir la responsabilidad de la operación y el mantenimiento del proyecto. Se debe negociar un contrato fijo, lo

cual nos conduce a que una porción significativa de los riesgos operativos los debe absorber el operador.

Las predicciones de ingresos, así como los costos de operación son esenciales.

### *INGRESOS*

Los ingresos transformados a dólares norteamericanos se pueden ver afectados por fluctuaciones del tipo de cambio y por la utilización del sistema. A pesar de que un acuerdo de concesión permite un ajuste de acuerdo a la tasa de inflación, se debe de tener un mecanismo que asegure los ingresos en dólares.

### *GASTOS*

Los gastos se pueden ver afectados por la inflación en los salarios o en aumentos en el precio de los energéticos. Este primer nivel de ajuste se debe contemplar en el acuerdo de ajuste inflacionario que se firma junto con el contrato.

### *SISTEMA DE MANTENIMIENTO*

Se debe preparar un programa de mantenimiento rentable y se debe de modificar durante el curso de la construcción.

| Etapa                          | Posible riesgo  | Control de riesgo   |
|--------------------------------|---|---|
| 1.0 Diseño                     |   |   |
| 1.1 Preinvestigación de suelos | El suelo difiere de los resultados de mecánica de suelos. | Las pruebas se realizarán en el sitio en que quedarán las estaciones.               |
| 1.2 Práctica de la ingeniería  | Posible mala interpretación de planos.                    | Se deben contratar ingenieros o arquitectos con experiencia en proyectos similares. |
| 1.3 Diseño en sí               | Posibles fallas en el diseño.                             | Se deben contratar firmas con experiencia.  |

| Etapa   | Posible riesgo  | Control de riesgo                       |
|---|---|---|
| 2.0 Construcción  |   |   |
| 2.1 Documentos contractuales<br>Especificaciones<br>Planos<br>Obligaciones<br>Seguros | Posible mal entendido de los documentos contractuales | Firmar el contrato por el 90% del total |
| 2.2 Ejecución   |   |   |



---

|                                       |                                    |                                  |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 2.2.1 Costos presentados              | Sobrecostos                        | Control interno o amonestaciones |
| 2.2.2 Tiempos de construcción         | Demoras                            | Control interno o amonestaciones |
| 2.2.3 Tecnologías nuevas              | Muy poco o nulo                    | Contratar personal especializado |
| 2.3 Operación                         |                                    |                                  |
| 2.3.1 Decisiones y autorizaciones     | Posibilidad de retrasos o ausencia | Contratar personal especializado |
| 2.3.2 Programas                       | Muy poco o nulo                    | Contratar personal especializado |
| 2.3.3 Intermediarios entre las partes | Muy poco o nulo                    | Contratar personal especializado |

---

| Etapa   | Posible riesgo                                    | Control de riesgo                            |
|---|---|--|
| 3.0 Operación   |   |  |
| 3.1 Flujo de caja egresos/ingresos<br>3.1.1 Fluctuaciones del tipo de cambio<br>3.1.2 Utilización<br>3.1.3 Gastos operativos<br>3.1.4 Inflación | Posibilidad de un flujo de caja negativo          | Control mensual sobre los ingresos y egresos |
| 3.2 Sistema de mantenimiento<br><br>Conveniencia del mantenimiento<br><br>Confiabilidad del mantenimiento                                       | Posibles fallas en el funcionamiento del sistema. | Control diario por un gerente responsable    |
| 3.3 Seguridad del usuario   | Posibilidad de accidentes                         | Procedimientos operativos eficaces           |
|   |   |  |

## ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se harán algunas simulaciones de lo que sucedería si ocurrieran caídas de utilización, es decir si el sistema no se utiliza con la capacidad que se esperaba. Se simulará que pasaría si se cae 5%, 10% y 15% utilizando una tasa de interés de 10%, 11% ó 12%.

- la ganancia neta;
- el servicio de deuda.

Lo siguiente se podrá observar claramente en las siguientes gráficas:

**MEDIOS DE FINANCIAMIENTO (M US\$)**

| MESES | OBRAS CIVILES     | ACTIVO FIJO       | MATERIAL RODANTE  | TERRENOS          | SERVICIOS PROFESIONALES | FINANCIAMIENTO Y OTROS | TOTAL | SE OBTIENEN DE : |               |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|-------|------------------|---------------|
|       | PRÉSTAMOS = 55,00 | PRÉSTAMOS = 55,00 | PRÉSTAMOS = 55,00 | PRÉSTAMOS = 55,00 | PRÉSTAMOS = 55,00       | PRÉSTAMOS = 90,09      |       | ACCIONES         | PRÉSTAMOS     |
|       | CAPITAL = 30.13   | CAPITAL = 30.13   | CAPITAL = 30.13   | CAPITAL = 30.13   | CAPITAL = 30.13         | CAPITAL = 49.35        |       | 200              | 365.9         |
| 1     | 21.11             | 8.36              | 1.73              | -9.96             | -11.23                  | -15.34                 | -5.33 | 194.67           |               |
| 2     | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.02                   | 14.63 | 5.33             | 9.31          |
| 3     | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.02                   | 14.63 |                  | 14.63         |
| 4     | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.52                   | 15.13 |                  | 15.13         |
| 5     | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.02                   | 14.63 |                  | 14.63         |
| 6     | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 20.67                  | 35.28 |                  | 35.28         |
| 7     | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.02                   | 14.63 |                  | 14.63         |
| 8     | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.02                   | 14.63 |                  | 14.63         |
| 9     | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.02                   | 14.63 |                  | 14.63         |
| 10    | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.52                   | 15.13 |                  | 15.13         |
| 11    | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.02                   | 14.63 |                  | 14.63         |
| 12    | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 21.91                  | 36.52 |                  | 36.52         |
| 13    | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 5.02                   | 19.63 |                  | 19.63         |
| 14    | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.02                   | 14.63 |                  | 14.63         |
| 15    | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.02                   | 14.63 |                  | 14.63         |
| 16    | 4.91              | 4.90              | 3.05              |                   | 1.74                    | 0.02                   | 14.63 |                  | 14.63         |
| 17    | 4.91              |                   | 3.05              |                   | 1.74                    |                        | 9.71  |                  | 9.71          |
| 18    | 4.91              |                   | 3.05              |                   | 1.74                    | 19.16                  | 28.87 |                  | 28.87         |
| 19    | 4.91              |                   | 3.05              |                   | 1.74                    |                        | 9.71  |                  | 9.71          |
| 20    | 4.91              |                   | 3.05              |                   | 1.74                    |                        | 9.71  |                  | 9.71          |
| 21    | 4.91              |                   | 3.05              |                   | 1.74                    |                        | 9.71  |                  | 9.71          |
| 22    | 4.91              |                   | 3.05              |                   | 1.74                    |                        | 9.71  |                  | 9.71          |
| 23    |                   |                   |                   |                   | 1.74                    | -0.74                  | 1.00  |                  | 1.00          |
| 24    |                   |                   |                   |                   |                         | 23.99                  | 23.99 |                  | 23.99         |
|       | <b>124.29</b>     | <b>81.85</b>      | <b>65.87</b>      | <b>-9.96</b>      | <b>27.07</b>            | <b>75.97</b>           |       | <b>200.00</b>    | <b>365.09</b> |

|       |        |       |       |       |       |       |        |        |        |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| ANO 1 | 105.29 | 92.38 | 65.45 | 30.17 | 38.05 | 77.81 | 199.16 | 200.00 | 199.16 |
| ANO 2 | 49.13  | 19.60 | 30.55 |       | 19.15 | 47.51 | 165.94 |        | 165.94 |

**REQUERIMIENTOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN**

**M US \$**

|   | MES 1         | MES 2 A 3    | MES 4 A 6    | MES 7 A 9    | MES 10 A 12  | MES 13 A 15  | MES 16 A 18  | MES 19 A 21  | MES 22 A 24 |
|---|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>EGRESOS DURANTE EL PERÍODO CONSTRUCTIVO</b>            |               |              |              |              |              |              |              |              |             |
| OBRA CIVIL  | 51.24         | 9.83         | 14.74        | 14.74        | 14.74        | 14.74        | 14.74        | 14.74        | 4.91        |
| ACTIVO FIJO   | 38.49         | 9.80         | 14.70        | 14.70        | 14.70        | 14.70        | 4.90         |              |             |
| MATERIAL RODANTE  | 31.85         | 6.11         | 9.16         | 9.16         | 9.16         | 9.16         | 9.16         | 9.16         | 3.05        |
| TERRENOS  | 20.17         |              |              |              |              |              |              |              |             |
| SERVICIOS PROFESIONALES                                   | 18.90         | 3.48         | 5.22         | 5.22         | 5.22         | 5.07         | 5.22         | 5.22         | 3.48        |
| FINANCIAMIENTO Y OTROS                                    | 18.90         | 0.05         | 21.22        | 0.07         | 22.46        | 5.07         | 19.18        |              | 23.25       |
| <b>FINANCIAMIENTO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN</b>             |               | 0.40         | 5.36         | 0.30         | 10.78        | 0.21         | 17.21        | 0.16         | 21.72       |
| INTERESES POR PRÉSTAMO 1: OBRA CIVIL                      |               |              | 1.72         |              | 3.62         |              | 5.31         |              | 6.86        |
| PAGO FIJO POR PRÉSTAMO 1: OBRA CIVIL                      |               | 0.04         | 0.02         |              |              |              |              |              |             |
| INTERESES POR PRÉSTAMO 2: ACTIVO FIJO                     |               |              | 1.11         |              | 2.88         |              | 4.42         |              | 4.71        |
| PAGO FIJO POR PRÉSTAMO 2: ACTIVO FIJO                     |               | 0.05         | 0.03         | 0.02         |              |              |              |              |             |
| INTERESES POR PRÉSTAMO 3: MATERIAL RODANTE                |               |              | 0.52         |              | 1.59         |              | 2.65         |              | 3.61        |
| PAGO FIJO POR PRÉSTAMO 3: MATERIAL RODANTE                |               | 0.06         | 0.05         | 0.04         | 0.03         | 0.02         | 0.01         |              |             |
| PAGO FIJO POR PRÉSTAMO 4: TERRENOS                        |               | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.07        |
| INTERESES POR PRÉSTAMO 5: SERVICIOS PROFESIONALES         |               |              |              |              | 0.21         |              | 0.81         |              | 1.39        |
| PAGO FIJO POR PRÉSTAMO 5: SERVICIOS PROFESIONALES         |               | 0.07         | 0.07         | 0.07         | 0.06         | 0.05         | 0.05         | 0.04         | 0.04        |
| INTERESES POR PRÉSTAMO 8: FINANCIAMIENTO Y OTROS          |               |              | 0.06         |              | 0.57         |              | 2.11         |              | 3.25        |
| PAGO FIJO POR PRÉSTAMO 8: FINANCIAMIENTO Y OTROS          |               | 0.11         | 0.11         | 0.11         | 0.10         | 0.07         | 0.06         | 0.05         | 0.04        |
| INTERESES POR DEPÓSITOS                                   |               |              | 0.88         |              | 0.88         |              | 0.88         |              | 0.88        |
| IMPUESTOS POR PRÉSTAMO DEL EXTRANJERO                     |               |              | 0.73         |              | 0.79         |              | 0.85         |              | 0.89        |
| DE OTROS COSTOS   | 33.99         |              | 5.50         |              | 5.50         | 5.00         | 1.00         |              | 4.26        |
| FIANZA POR TERMINACIÓN DE OBRA                            | 5.00          |              |              |              |              |              |              |              |             |
| HONORARIOS  | 1.00          |              | 0.50         |              | 0.50         |              | 1.00         |              |             |
| SEGUROS   | 5.00          |              | 5.00         |              | 5.00         |              |              |              |             |
| OTROS GASTOS  | 22.25         |              |              |              |              |              |              |              |             |
| IMPREVISTOS   |               |              |              |              |              |              |              |              | 5.00        |
| <b>EGRESOS TOTALES DURANTE EL PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN</b> | <b>141.76</b> | <b>25.73</b> | <b>38.60</b> | <b>38.60</b> | <b>38.60</b> | <b>38.60</b> | <b>28.80</b> | <b>23.90</b> | <b>7.97</b> |

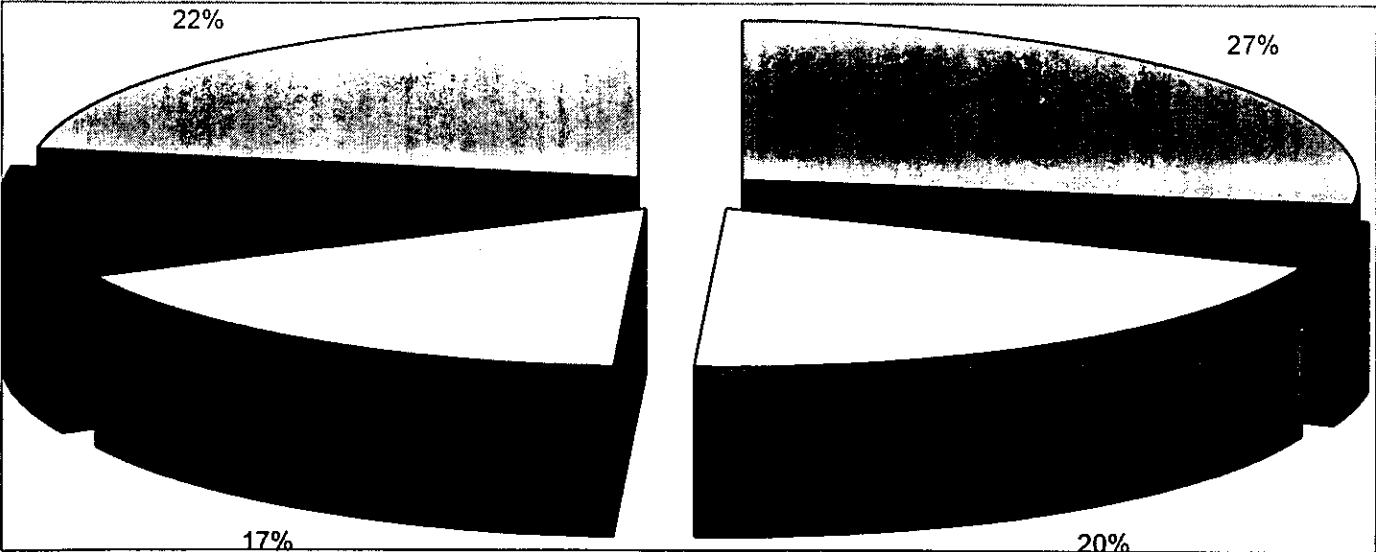
| <b>DATOS DE PAGOS POR ADELANTADO</b> |               |
|--------------------------------------|---------------|
| <b>PAGOS POR ADELANTADO</b>          | <b>125.88</b> |
| PAGO POR OBRAS CIVILES               | 46.33         |
| PAGO POR ACTIVO FIJO                 | 33.59         |
| PAGO DE MATERIAL RODANTE             | 28.80         |
| PAGO POR SERVICIOS PROFESIONALES     | 17.16         |

|   | RESULTADOS OPERATIVOS |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
|---|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|
|   | ANO 1                 | ANO 2  | ANO 3  | ANO 4  | ANO 5  | ANO 7  | ANO 10 | ANO 15 | ANO 20   | ANO 25   | ANO 30   |
| UTILIZACION DEL TREN (PASADIA)                |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| TARIFAS (DOLARES/PASAJEROS-KM)                | 0.06                  | 0.06   | 0.06   | 0.06   | 0.06   | 0.06   | 0.06   | 0.06   | 0.06     | 0.06     | 0.06     |
| 1.0 PAGOS POR LICENCIAS                       | 115.93                | 120.57 | 125.39 | 130.41 | 135.63 | 148.69 | 165.01 | 200.76 | 244.25   | 297.17   | 361.56   |
| UTILIZACION                                   | 1.00                  | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00     | 1.00     | 1.00     |
| PUBLICIDAD                                    | 0.10                  | 0.10   | 0.10   | 0.10   | 0.10   | 0.10   | 0.10   | 0.10   | 0.10     | 0.10     | 0.10     |
| OPERACION FINANCIERA                          | 2.28                  | 2.28   | 2.28   | 2.28   | 2.28   | 2.28   | 2.28   | 2.28   | 2.28     | 2.28     | 2.28     |
| INTERESES POR LICENCIAS                       | 0.90                  | 0.90   | 0.90   | 0.90   | 0.90   | 0.90   | 0.90   | 0.90   | 0.90     | 0.90     | 0.90     |
| OTROS PAGOS                                   | 17.69                 | 18.36  | 19.11  | 19.86  | 20.64  | 22.30  | 25.05  | 30.41  | 36.94    | 44.88    | 54.53    |
| IVA POR OTROS PAGOS                           | -15.67                | -16.37 | -17.09 | -17.84 | -18.63 | -20.29 | -22.78 | -28.58 | -34.85   | -42.47   | -51.82   |
| REMBOLSO POR IVA (NEGATIVO)                   | 122.23                | 128.86 | 131.69 | 136.70 | 141.92 | 147.34 | 152.99 | 159.11 | 165.21   | 171.56   | 175.14   |
| PAGOS   |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| 2.0 GASTOS OPERATIVOS                         |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| GASTOS GENERALES POR MANTENIMIENTO            | 1.30                  | 1.30   | 1.30   | 1.30   | 1.30   | 1.30   | 1.30   | 1.30   | 1.30     | 1.30     | 1.30     |
| HONORARIOS POR ADMINISTRACION                 | 5.00                  | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 5.00     | 5.00     | 5.00     |
| FIANZA TERMINACION DE OBRA                    | 5.21                  | 5.21   | 5.21   | 5.21   | 5.21   | 5.21   | 7.82   | 10.94  | 13.55    | 16.67    | 19.80    |
| SALARIOS                                      | 1.32                  | 1.32   | 1.32   | 1.32   | 1.32   | 1.32   | 1.88   | 2.77   | 3.43     | 4.22     | 5.02     |
| GASTOS DE MANTENIMIENTO (SISALARIOS)          | 2.12                  | 2.12   | 2.12   | 2.12   | 2.12   | 2.12   | 3.18   | 4.45   | 5.51     | 6.78     | 8.06     |
| GASTOS POR CONSUMO DE ENERGIA                 | 0.16                  | 0.16   | 0.16   | 0.16   | 0.16   | 0.16   | 0.16   | 0.16   | 0.16     | 0.16     | 0.16     |
| HONORARIOS                                    | 0.15                  | 0.15   | 0.15   | 0.15   | 0.15   | 0.15   | 0.15   | 0.15   | 0.15     | 0.15     | 0.15     |
| SEGUROS                                       | 1.00                  | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00     | 1.00     | 1.00     |
| FONDOS POR DEPOSITOS                          | 2.02                  | 2.02   | 2.02   | 2.02   | 2.02   | 2.02   | 2.28   | 1.84   | 2.09     | 2.40     | 2.71     |
| OTROS COSTOS                                  | 2.22                  | 2.08   | 1.91   | 1.73   | 1.53   | 1.05   | 0.40   | 0.37   | 0.38     | 0.38     | 0.38     |
| PAGO DE IVA POR GASTOS OPERATIVOS             | 2.22                  | 2.08   | 1.91   | 1.73   | 1.53   | 1.05   | 0.40   | 0.37   | 0.38     | 0.38     | 0.38     |
| PAGO DE IMPUESTOS EN LOS INTERESES            | 22.90                 | 22.75  | 22.59  | 22.41  | 22.21  | 21.73  | 21.05  | 20.66  | 20.38    | 20.38    | 20.38    |
| GASTOS OPERATIVOS                             |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| 3.0 PAGO DE INTERESES                         | 45.32                 | 42.37  | 39.08  | 35.40  | 31.28  | 21.52  | 4.03   | 7.48   | 7.85     | 7.67     | 7.73     |
| PAGO DE INTERESES - PRESTAMOS INICIALES       | 45.32                 | 42.37  | 39.08  | 35.40  | 31.28  | 21.52  | 4.09   | 7.48   | 7.85     | 7.67     | 7.73     |
| PAGO DE INTERESES - REINVERSION EN MAT. ROD   |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| PAGO DE INTERESES                             | 24.89                 | 27.63  | 31.12  | 34.81  | 38.92  | 48.68  | 3.62   | 9.46   | 9.10     | 9.28     | 10.75    |
| 4.0 PAGO DEL CAPITAL                          |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| PAGO DEL CAPITAL - PRESTAMOS INICIALES        | 24.89                 | 27.63  | 31.12  | 34.81  | 38.92  | 48.68  | 3.62   | 9.46   | 9.10     | 9.28     | 10.75    |
| PAGO DE CAPITAL - REINVERSION DE MAT. RODANTE |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| PAGO DE CAPITAL                               | 38.64                 | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 41.04  | 25.67  | 21.57    | 11.23    | 11.71    |
| 5.0 VALORES DE DEPRECIACION                   |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| DEPRECIACION - COMPRAS INICIALES              | 38.64                 | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 20.39  | 13.98    | 0.67     | 0.67     |
| DEPRECIACION - REINVERSION DE MAT. RODANTE    |                       |        |        |        |        |        |        | 5.28   | 7.68     | 10.56    | 11.04    |
| VALORES DE DEPRECIACION                       | 38.64                 | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 41.04  | 25.67  | 21.57    | 11.23    | 11.71    |
| 6.0 IMPUESTOS                                 |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| IMPUESTO POR ACTIVOS = 2%                     | 5.23                  | 7.85   | 10.67  | 13.68  | 16.93  | 24.17  | 32.89  | 15.66  | 64.21    | 84.05    | 103.99   |
| IMPUESTO SOBRE LA RENTA = 34%                 | 0.52                  | 0.52   | 0.52   | 0.52   | 0.52   | 0.52   | 0.78   | 1.09   | 1.35     | 1.67     | 1.98     |
| PTU = 10%                                     | 5.75                  | 8.37   | 11.19  | 14.21  | 17.45  | 24.69  | 33.68  | 16.75  | 65.56    | 85.72    | 105.97   |
| TOTAL DE IMPUESTOS                            |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| RESUMEN                                       |                       |        |        |        |        |        |        |        |          |          |          |
| PAGOS   | 122.23                | 128.86 | 131.69 | 136.70 | 141.92 | 152.99 | 171.56 | 204.59 | 248.35   | 301.58   | 366.27   |
| GASTOS OPERATIVOS                             | 22.90                 | 22.75  | 22.59  | 22.41  | 22.21  | 21.73  | 25.66  | 125.38 | 29.98    | 35.47    | 40.97    |
| TOTAL DE DEPRECIACION                         | 38.64                 | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 38.64  | 41.04  | 25.67  | 21.67    | 11.23    | 11.71    |
| PAGO DE INTERESES                             | 45.32                 | 42.37  | 39.08  | 35.40  | 31.28  | 21.52  | 4.03   | 7.48   | 7.85     | 7.67     | 7.73     |
| TOTAL DE IMPUESTOS                            | 15.37                 | 23.09  | 31.37  | 40.25  | 48.79  | 71.08  | 96.75  | 46.06  | 188.65   | 247.21   | 305.85   |
| TOTAL DE IMPUESTOS                            | 5.75                  | 8.37   | 11.19  | 14.21  | 17.45  | 24.69  | 33.68  | 16.75  | 65.56    | 85.72    | 105.97   |
| PAGO DE CAPITAL                               | 8.62                  | 14.72  | 20.18  | 26.64  | 32.34  | 46.40  | 63.07  | 29.31  | 132.29   | 161.49   | 199.88   |
| PAGO DE INTERESES                             | 24.89                 | 27.83  | 31.12  | 34.81  | 38.92  | 48.68  | 3.82   | 9.46   | 9.10     | 9.28     | 10.75    |
| SERVICIO DE DEUDA                             | 45.32                 | 42.37  | 39.08  | 35.40  | 31.28  | 21.52  | 8.11   | 7.48   | 7.85     | 7.67     | 7.73     |
| FLUJO ACUMULADO                               | 70.20                 | 70.20  | 70.20  | 70.20  | 70.20  | 70.20  | 11.73  | 16.95  | 16.95    | 16.95    | 18.49    |
|   | 23.40                 | 48.90  | 76.60  | 106.50 | 138.60 | 209.10 | 371.40 | 656.50 | 1,486.80 | 2,132.30 | 3,050.80 |

HOJA DE BALANCE

| ACTIVOS   | AÑO 1         | AÑO 2         | AÑO 3          | AÑO 4          | AÑO 5          | AÑO 7          | AÑO 10         | AÑO 15          | AÑO 20          | AÑO 25          | AÑO 30          |
|---|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| EFECTIVO  | 23.38         | 48.91         | 76.62          | 106.50         | 138.56         | 209.14         | 371.42         | 856.63          | 1,488.83        | 2,132.28        | 3,050.80        |
| <b>CAPITAL</b>  | <b>565.09</b> | <b>565.09</b> | <b>565.09</b>  | <b>565.09</b>  | <b>565.09</b>  | <b>565.09</b>  | <b>565.09</b>  | <b>565.09</b>   | <b>565.09</b>   | <b>565.09</b>   | <b>565.09</b>   |
| OBRA CIVIL  | 154.42        | 154.42        | 154.42         | 154.42         | 154.42         | 154.42         | 154.42         | 154.42          | 154.42          | 154.42          | 154.42          |
| ACTIVO FIJO   | 111.98        | 111.98        | 111.98         | 111.98         | 111.98         | 111.98         | 111.98         | 111.98          | 111.98          | 111.98          | 111.98          |
| MATERIAL RODANTE  | 96.00         | 96.00         | 96.00          | 96.00          | 96.00          | 96.00          | 96.00          | 96.00           | 96.00           | 96.00           | 96.00           |
| TERRENOS  | 20.17         | 20.17         | 20.17          | 20.17          | 20.17          | 20.17          | 20.17          | 20.17           | 20.17           | 20.17           | 20.17           |
| SERVICIOS PROFESIONALES   | 57.20         | 57.20         | 57.20          | 57.20          | 57.20          | 57.20          | 57.20          | 57.20           | 57.20           | 57.20           | 57.20           |
| FINANCIAMIENTO Y OTROS  | 125.32        | 125.32        | 125.32         | 125.32         | 125.32         | 125.32         | 125.32         | 125.32          | 125.32          | 125.32          | 125.32          |
| <b>INFRAESTRUCTURA: VALORES - REINVERSIÓN EN MAT. RODANTE</b>   |               |               |                |                |                |                | 48.00          | 105.60          | 153.60          | 211.20          | 268.80          |
| 2ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE                                   |               |               |                |                |                |                | 48.00          | 48.00           | 48.00           | 48.00           | 48.00           |
| 3ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE                                   |               |               |                |                |                |                |                | 57.60           | 57.60           | 57.60           | 57.60           |
| 4ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE                                   |               |               |                |                |                |                |                |                 | 48.00           | 48.00           | 48.00           |
| 5ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE                                   |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 | 57.60           | 57.60           |
| 6ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE                                   |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 | 57.60           |
| <b>DEPRECIACIÓN ACUMULADA - PRÉSTAMOS INICIALES</b>             | <b>-38.64</b> | <b>-77.29</b> | <b>-115.93</b> | <b>-154.58</b> | <b>-193.22</b> | <b>-270.51</b> | <b>-386.54</b> | <b>-488.41</b>  | <b>-558.37</b>  | <b>-561.73</b>  | <b>-565.09</b>  |
| OBRAS CIVILES   | 7.72          | 15.44         | 23.16          | 30.88          | 38.61          | 54.05          | 77.21          | 115.82          | 154.42          | 154.42          | 154.42          |
| MAQUINARIA FIJA   | 5.60          | 11.20         | 16.80          | 22.40          | 28.00          | 39.19          | 55.99          | 83.99           | 111.98          | 111.98          | 111.98          |
| MATERIAL RODANTE  | 6.40          | 12.80         | 19.20          | 25.60          | 32.00          | 44.80          | 64.00          | 96.00           | 96.00           | 96.00           | 96.00           |
| TERRENOS  | 0.67          | 1.34          | 2.02           | 2.69           | 3.36           | 4.71           | 6.72           | 10.08           | 13.45           | 16.81           | 20.17           |
| SERVICIOS PROFESIONALES   | 5.72          | 11.44         | 17.16          | 22.88          | 28.60          | 40.04          | 57.20          | 57.20           | 57.20           | 57.20           | 57.20           |
| FINANCIAMIENTO Y OTROS  | 12.53         | 25.06         | 37.60          | 50.13          | 62.66          | 87.73          | 125.32         | 125.32          | 125.32          | 125.32          | 125.32          |
| <b>DEPRECIACIÓN ACUMULADA - REINVERSIÓN EN MATERIAL RODANTE</b> |               |               |                |                |                |                | -7.20          | -22.08          | -53.28          | -97.44          | -151.68         |
| 2ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE                                   |               |               |                |                |                |                | 7.20           | 19.20           | 31.20           | 43.20           | 48.00           |
| 3ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE                                   |               |               |                |                |                |                |                | 2.88            | 17.28           | 31.68           | 46.08           |
| 4ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE                                   |               |               |                |                |                |                |                |                 | 4.80            | 16.80           | 28.80           |
| 5ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE                                   |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 | 5.76            | 20.16           |
| 6ª COMPRA DE MATERIAL RODANTE                                   |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 | 8.64            |
| <b>TOTAL DE ACTIVOS</b>   | <b>549.83</b> | <b>536.72</b> | <b>525.78</b>  | <b>517.02</b>  | <b>510.43</b>  | <b>503.72</b>  | <b>590.87</b>  | <b>1,016.73</b> | <b>1,595.87</b> | <b>2,249.40</b> | <b>3,167.92</b> |
| <b>FACTIBILIDADES Y ASOCIACIÓN EN PARTICIPACIÓN</b>             |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |
| <b>CAPITAL</b>  | <b>200.00</b> | <b>200.00</b> | <b>200.00</b>  | <b>200.00</b>  | <b>200.00</b>  | <b>200.00</b>  | <b>200.00</b>  | <b>200.00</b>   | <b>200.00</b>   | <b>200.00</b>   | <b>200.00</b>   |
| <b>PRÉSTAMOS MENOS PAGO INICIAL</b>                             | <b>340.21</b> | <b>312.38</b> | <b>281.25</b>  | <b>246.45</b>  | <b>207.52</b>  | <b>115.32</b>  | <b>38.13</b>   | <b>67.69</b>    | <b>71.62</b>    | <b>69.64</b>    | <b>69.21</b>    |
| PRÉSTAMO 1: OBRA CIVIL  | 51.25         | 47.06         | 42.37          | 37.13          | 31.26          |                |                |                 |                 |                 |                 |
| PRÉSTAMO 2: MAQUINARIA FIJA                                     | 51.25         | 47.06         | 42.37          | 37.13          | 31.26          |                |                |                 |                 |                 |                 |
| PRÉSTAMO 3: MATERIAL RODANTE                                    | 51.25         | 47.06         | 42.37          | 37.13          | 31.26          |                |                |                 |                 |                 |                 |
| PRÉSTAMO 4: TERRENOS  | 51.25         | 47.06         | 42.37          | 37.13          | 31.26          |                |                |                 |                 |                 |                 |
| PRÉSTAMO 5: (SERVICIOS PROFESIONALES)                           | 51.25         | 47.06         | 42.37          | 37.13          | 31.26          |                |                |                 |                 |                 |                 |
| PRÉSTAMO 6: (FINANCIAMIENTO Y OTROS)                            | 83.95         | 77.09         | 69.41          | 60.82          | 51.21          |                |                |                 |                 |                 |                 |
| <b>TOTAL</b>  | <b>540.21</b> | <b>512.38</b> | <b>481.25</b>  | <b>446.45</b>  | <b>407.52</b>  | <b>315.32</b>  | <b>238.13</b>  | <b>267.69</b>   | <b>271.62</b>   | <b>269.64</b>   | <b>269.21</b>   |
| <b>RETENCIONES</b>  |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |
| <b>INGRESOS NETOS ACUMULADOS</b>                                | <b>9.62</b>   | <b>24.34</b>  | <b>44.53</b>   | <b>70.57</b>   | <b>102.91</b>  | <b>188.41</b>  | <b>352.74</b>  | <b>749.05</b>   | <b>1,324.26</b> | <b>1,979.76</b> | <b>2,898.71</b> |

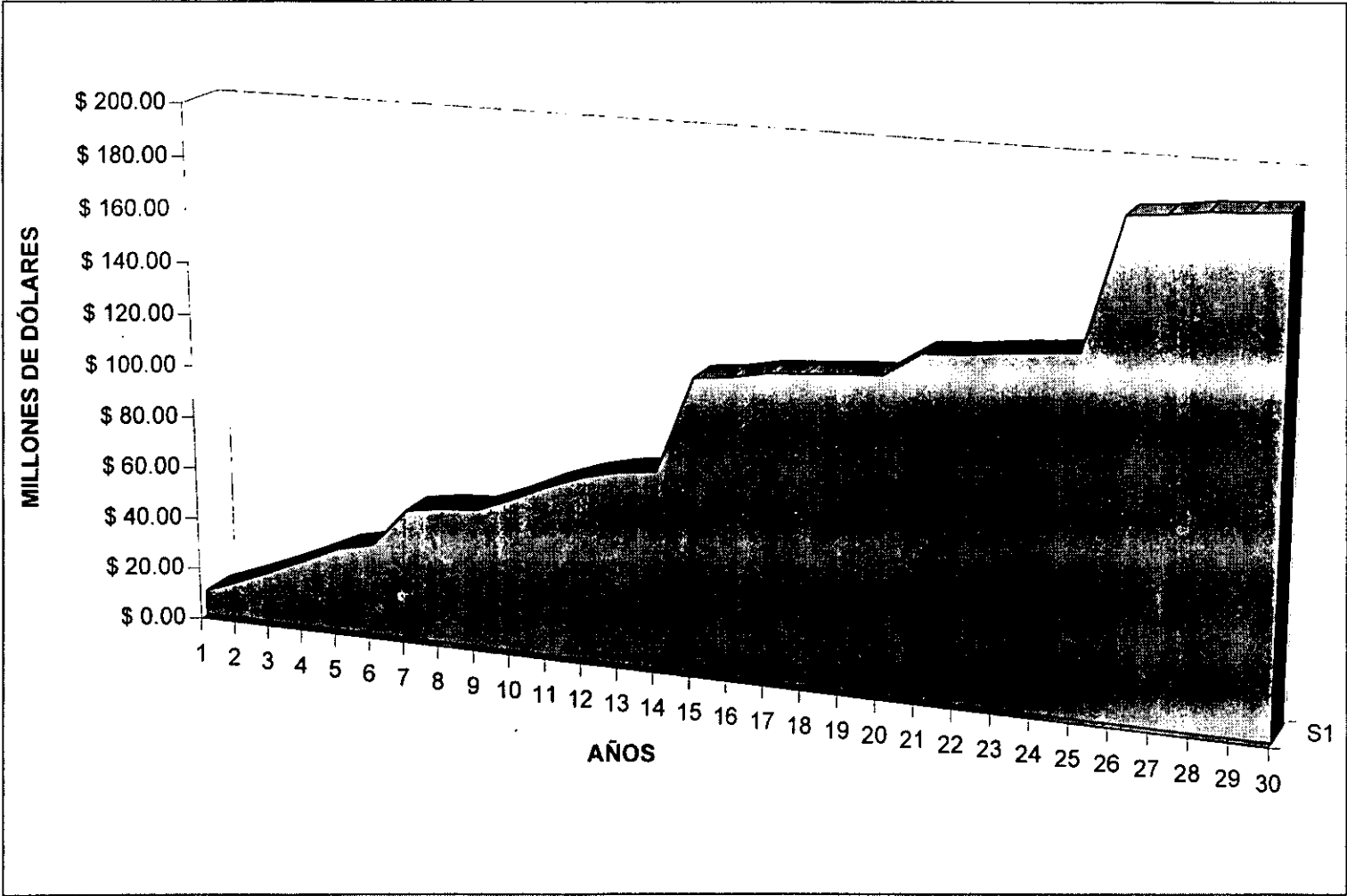
COSTOS DE CAPITAL



- OBRA CIVIL
- TERRENOS
- MAQUINARIA FIJA
- MATERIAL RODANTE
- SERVICIOS PROFESIONALES
- FINANCIAMIENTO Y OTROS



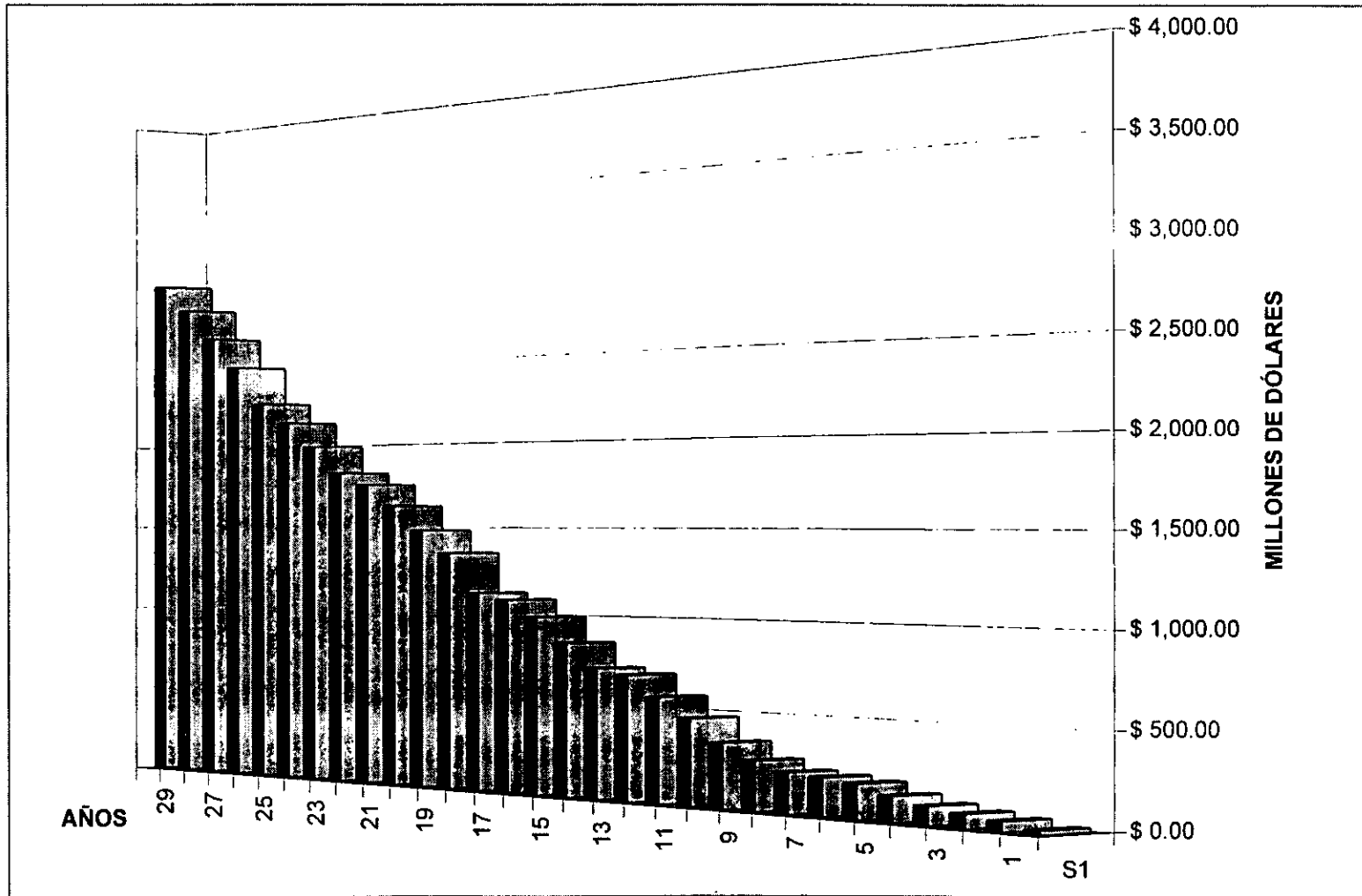
INGRESO NETO NO ACUMULADO



**APLICACIÓN DE FONDOS (M US\$)**

| MESES        | OBRAS CIVILES  | ACTIVO FIJO    | MATERIAL RODANTE | TERRENOS      | SERVICIOS PROFESIONALES | FINANCIAMIENTO | FINANCIAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN |              | TOTAL         |
|--------------|----------------|----------------|------------------|---------------|-------------------------|----------------|--------------------------------|--------------|---------------|
|              | COSTO = 154.42 | COSTO = 111.98 | OSTO= 96.0       | COSTO = 20.17 | COSTO = 57.20           | COSTO = 125.32 | INTERESES CONSTRUC.            | OTROS COSTOS |               |
| 1            | 51.24          | 38.49          | 31.85            | 20.17         | 18.90                   | 34.02          |                                | 34.02        | 194.67        |
| 2            | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 0.02           |                                | 0.02         | 14.63         |
| 3            | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 0.02           |                                | 0.02         | 14.63         |
| 4            | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 0.52           |                                | 0.52         | 15.13         |
| 5            | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 0.02           |                                | 0.02         | 14.63         |
| 6            | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 20.67          | 14.92                          | 5.02         | 35.28         |
| 7            | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 0.02           |                                | 0.02         | 14.63         |
| 8            | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 0.02           |                                | 0.02         | 14.63         |
| 9            | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 0.02           |                                | 0.02         | 14.63         |
| 10           | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 0.52           |                                | 0.52         | 15.13         |
| 11           | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 21.91          |                                | 0.02         | 14.63         |
| 12           | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 21.91          | 16.10                          | 5.02         | 36.52         |
| 13           | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 5.02           |                                | 5.02         | 19.63         |
| 14           | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 0.02           |                                | 0.02         | 14.63         |
| 15           | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    | 0.02           |                                | 0.02         | 14.63         |
| 16           | 4.91           | 4.90           | 3.05             |               | 1.74                    |                |                                | 0.02         | 14.63         |
| 17           | 4.91           |                | 3.05             |               | 1.74                    |                |                                |              | 9.71          |
| 18           | 4.91           |                | 3.05             |               | 1.74                    | 19.16          | 17.31                          | 1.00         | 28.87         |
| 19           | 4.91           |                | 3.05             |               | 1.74                    |                |                                |              | 9.71          |
| 20           | 4.91           |                | 3.05             |               | 1.74                    |                |                                |              | 9.71          |
| 21           | 4.91           |                | 3.05             |               | 1.74                    |                |                                |              | 9.71          |
| 22           | 4.91           |                | 3.05             |               | 1.74                    |                |                                |              | 9.71          |
| 23           |                |                |                  |               | 1.74                    | -0.74          |                                | -0.74        | 1.00          |
| 24           |                |                |                  |               |                         | 23.99          | 18.10                          | 5.00         | 23.99         |
|              | <b>154.42</b>  | <b>111.98</b>  | <b>96.00</b>     | <b>20.17</b>  | <b>57.20</b>            | <b>125.32</b>  | <b>66.43</b>                   | <b>55.64</b> | <b>565.09</b> |
| <b>AÑO 1</b> | 105.29         | 92.38          | 65.45            | 30.17         | 38.05                   | 77.81          | 31.01                          | 45.28        | 399.16        |
| <b>AÑO 2</b> | 49.13          | 19.60          | 30.55            |               | 19.15                   | 47.51          | 35.42                          | 10.36        | 165.94        |

### FLUJO NETO



**SERVICIO DE COBERTURA DE DEUDAS: SCD**

| REDUCCIÓN DE UTILIZACIÓN DEL SERVICIO        | 0.00%        |              |              | TIR = 21.2%   |               |               |               |               |               |               |       |
|--|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
|  | AÑOS         | 1            | 2            | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10    |
| LICENCIAS                                    | 122.23       | 126.86       | 131.69       | 136.70        | 141.92        | 147.34        | 152.99        | 159.11        | 165.21        | 171.56        |       |
| GASTOS OPERATIVOS                            | 22.90        | 22.75        | 22.59        | 22.41         | 22.21         | 21.98         | 21.73         | 21.52         | 21.26         | 20.93         | 20.66 |
| TOTAL DE IMPUESTOS                           | 5.75         | 8.37         | 11.19        | 14.21         | 14.21         | 20.93         | 24.69         | 25.03         | 29.51         | 33.68         |       |
| <b>LICENCIAS ANTES DEL SERVICIO DE DEUDA</b> | <b>93.58</b> | <b>95.74</b> | <b>97.91</b> | <b>100.08</b> | <b>102.26</b> | <b>104.42</b> | <b>106.56</b> | <b>107.82</b> | <b>109.77</b> | <b>112.23</b> |       |
| <i>SERVICIO DE DEUDA</i>                     |              |              |              |               |               |               |               |               |               |               |       |
| PAGO DEL CAPITAL PRINCIPAL                   | 24.89        | 27.83        | 31.12        | 34.81         | 38.92         | 43.53         | 48.68         | 57.41         | 64.16         | 3.62          |       |
| PAGO DE INTERESES                            | 45.32        | 42.37        | 39.08        | 35.40         | 31.28         | 26.67         | 21.52         | 20.49         | 13.75         | 8.11          |       |
| <b>SERVICIO TOTAL DE LA DEUDA</b>            | <b>70.20</b> | <b>70.20</b> | <b>70.20</b> | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>77.91</b>  | <b>77.91</b>  | <b>11.73</b>  |       |
| SCD: INCLUYENDO EL VALOR DE RIESGO FINITO    | 1.54         | 1.63         | 1.73         | 1.83          | 1.93          | 2.03          | 2.03          | 1.99          | 2.08          | 14.43         |       |
| FLUJO DE CAJA NO ACUMULADO                   | 23.38        | 25.53        | 27.70        | 29.88         | 32.06         | 34.22         | 34.22         | 29.91         | 31.87         | 100.50        |       |
| SCD  | 1.33         | 1.36         | 1.39         | 1.43          | 1.46          | 1.49          | 1.49          | 1.38          | 1.41          | 9.57          |       |
| <b>REDUCCIÓN DE UTILIZACIÓN DEL SERVICIO</b> |              |              |              |               |               |               |               |               |               |               |       |
|  | 5.0%         |              |              |               | TIR = 19.7%   |               |               |               |               |               |       |
| LICENCIAS                                    | 116.43       | 120.84       | 125.42       | 130.18        | 135.14        | 140.29        | 145.65        | 151.48        | 157.28        | 163.31        |       |
| GASTOS OPERATIVOS                            | 22.90        | 22.75        | 22.59        | 22.41         | 22.21         | 21.98         | 21.73         | 21.52         | 21.26         | 20.93         | 20.66 |
| TOTAL DE IMPUESTOS                           | 4.36         | 6.32         | 9.06         | 11.99         | 15.14         | 18.54         | 22.20         | 22.43         | 26.81         | 30.87         |       |
| <b>LICENCIAS ANTES DEL SERVICIO DE DEUDA</b> | <b>89.17</b> | <b>91.76</b> | <b>93.77</b> | <b>95.78</b>  | <b>97.78</b>  | <b>99.77</b>  | <b>101.72</b> | <b>102.79</b> | <b>104.54</b> | <b>106.78</b> |       |
| <i>SERVICIO DE DEUDA</i>                     |              |              |              |               |               |               |               |               |               |               |       |
| PAGO DEL CAPITAL PRINCIPAL                   | 24.89        | 27.89        | 31.12        | 34.81         | 38.92         | 43.53         | 48.68         | 57.41         | 64.16         | 3.62          |       |
| PAGO DE INTERESES                            | 45.32        | 42.37        | 39.08        | 35.40         | 31.28         | 26.67         | 21.52         | 20.49         | 13.75         | 8.11          |       |
| <b>SERVICIO TOTAL DE LA DEUDA</b>            | <b>70.20</b> | <b>70.20</b> | <b>70.20</b> | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>77.91</b>  | <b>77.91</b>  | <b>11.73</b>  |       |
| SCD: INCLUYENDO EL VALOR DE RIESGO FINITO    | 1.47         | 1.58         | 1.67         | 1.77          | 1.87          | 1.96          | 2.06          | 1.93          | 2.01          | 13.96         |       |
| FLUJO DE CAJA NO ACUMULADO                   | 18.97        | 21.56        | 23.57        | 25.58         | 27.58         | 29.57         | 31.52         | 24.88         | 26.63         | 95.05         |       |
| <b>REDUCCIÓN DE UTILIZACIÓN DEL SERVICIO</b> |              |              |              |               |               |               |               |               |               |               |       |
|  | 10.0%        |              |              |               | TIR = 18.2%   |               |               |               |               |               |       |
| LICENCIAS                                    | 110.63       | 114.81       | 119.15       | 123.66        | 128.36        | 133.24        | 138.32        | 143.86        | 149.35        | 155.06        |       |
| GASTOS OPERATIVOS                            | 22.90        | 22.75        | 22.59        | 22.41         | 22.21         | 21.98         | 21.73         | 21.52         | 21.26         | 20.93         | 20.66 |
| TOTAL DE IMPUESTOS                           | 3.84         | 4.27         | 6.92         | 9.77          | 12.84         | 16.14         | 19.70         | 19.84         | 24.11         | 28.07         |       |
| <b>LICENCIAS ANTES DEL SERVICIO DE DEUDA</b> | <b>83.89</b> | <b>87.78</b> | <b>89.63</b> | <b>91.48</b>  | <b>93.31</b>  | <b>95.11</b>  | <b>96.88</b>  | <b>97.75</b>  | <b>99.30</b>  | <b>101.34</b> |       |
| <i>SERVICIO DE DEUDA</i>                     |              |              |              |               |               |               |               |               |               |               |       |
| PAGO DEL CAPITAL PRINCIPAL                   | 24.89        | 27.83        | 31.12        | 34.81         | 38.92         | 43.53         | 48.68         | 57.41         | 64.16         | 3.62          |       |
| PAGO DE INTERESES                            | 45.32        | 42.37        | 39.08        | 35.40         | 31.28         | 26.67         | 21.52         | 20.49         | 13.75         | 8.11          |       |
| <b>SERVICIO TOTAL DE LA DEUDA</b>            | <b>70.20</b> | <b>70.20</b> | <b>70.20</b> | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>77.91</b>  | <b>77.91</b>  | <b>11.73</b>  |       |
| SCD: INCLUYENDO EL VALOR DE RIESGO FINITO    | 1.40         | 1.52         | 1.62         | 1.71          | 1.80          | 1.90          | 1.99          | 1.86          | 1.95          | 13.50         |       |
| FLUJO DE CAJA NO ACUMULADO                   | 13.69        | 17.58        | 19.43        | 21.28         | 23.11         | 24.91         | 26.68         | 19.85         | 21.39         | 89.61         |       |
| <b>REDUCCIÓN DE UTILIZACIÓN DEL SERVICIO</b> |              |              |              |               |               |               |               |               |               |               |       |
|  | 15.00%       |              |              |               | TIR = 16.6%   |               |               |               |               |               |       |
| LICENCIAS                                    | 104.84       | 108.78       | 112.88       | 117.14        | 121.57        | 126.19        | 130.98        | 136.23        | 141.41        | 146.81        |       |
| GASTOS OPERATIVOS                            | 22.90        | 22.75        | 22.59        | 22.41         | 22.21         | 21.98         | 21.73         | 21.52         | 21.26         | 20.93         | 20.66 |
| TOTAL DE IMPUESTOS                           | 3.84         | 4.17         | 4.79         | 7.55          | 10.53         | 13.74         | 17.21         | 17.25         | 21.42         | 25.26         |       |
| <b>LICENCIAS ANTES DEL SERVICIO DE DEUDA</b> | <b>78.10</b> | <b>81.85</b> | <b>85.49</b> | <b>87.17</b>  | <b>88.83</b>  | <b>90.46</b>  | <b>92.04</b>  | <b>92.72</b>  | <b>94.06</b>  | <b>95.89</b>  |       |
| <i>SERVICIO DE DEUDA</i>                     |              |              |              |               |               |               |               |               |               |               |       |
| PAGO DEL CAPITAL PRINCIPAL                   | 24.89        | 27.83        | 31.12        | 34.81         | 38.92         | 43.53         | 48.68         | 57.41         | 64.16         | 3.62          |       |
| PAGO DE INTERESES                            | 45.32        | 42.37        | 39.08        | 35.40         | 31.28         | 26.67         | 21.52         | 20.49         | 13.75         | 8.11          |       |
| <b>SERVICIO TOTAL DE LA DEUDA</b>            | <b>70.20</b> | <b>70.20</b> | <b>70.20</b> | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>70.20</b>  | <b>77.91</b>  | <b>77.91</b>  | <b>11.73</b>  |       |
| SCD: INCLUYENDO EL VALOR DE RIESGO FINITO    | 1.32         | 1.44         | 1.56         | 1.65          | 1.74          | 1.83          | 1.92          | 1.80          | 1.88          | 13.04         |       |
| FLUJO DE CAJA NO ACUMULADO                   | 7.89         | 11.65        | 15.29        | 16.97         | 18.63         | 20.26         | 21.84         | 14.81         | 16.16         | 84.16         |       |

---

***CAPÍTULO V***  
***CONCLUSIONES***

## CONCLUSIONES

Después de analizar las necesidades del transporte de pasajeros en el Estado de Guanajuato, puedo concluir que es necesario evaluar la posibilidad de construir un nuevo sistema de transporte que una al corredor industrial del bajo.

La alternativa más viable como se analizó en el presente trabajo es la creación del "Tren Rápido Interurbano de Guanajuato", el cual tendrá las siguientes características generales :

- 170 km de longitud
- 20 estaciones en el corredor industrial del Bajío
- 52 carros
- Maquina impulsada por motor DIESEL
- 90 km/hr a máxima velocidad
- Utilización estimada : 140,000 pasajeros/día
- Viaje promedio : 38.5 km/pasajero

Las ciudades que uniría el TRIG "Tren Rápido Interurbano de Guanajuato" son :

- San Francisco del Rincón
- León
- Guanajuato
- Silao
- Irapuato
- Salamanca
- Celaya

Las cuáles son de importancia mayúscula ya que el corredor industrial León-Irapuato aloja a más del 60% de la fuerza productiva del estado. En Silao se encuentra la planta armadora de la General Motors con cerca de 5,000 empleados, en Salamanca se encuentra una importante refinería de PEMEX y en Celaya se encuentran las fábricas de Ralston-Purina.

De decidimos por realizar el proyecto, según los estudios de utilización del sistema tenemos que la cantidad de personas que utilizarían el sistema sería :

- 123,704 pasajeros por día en una primera etapa de operación ;
- las estaciones con más aforo de personas serían : León-Adolfo López Mateos con 16,614 pasajeros al día y la de Salamanca-La Luz con 13,775 pasajeros por día.

El costo del boleto por pasajero sería de \$ 0.50 por km recorrido, para un promedio de \$ 20 por pasajero por día recorriendo 40 km.

El horario propuesto de servicio del TRIG operando con dos líneas sería:

|                |   |                |             |                   |
|----------------|---|----------------|-------------|-------------------|
| <b>5:00 h</b>  | a | <b>8:00 h</b>  | intervalo : | <b>20 minutos</b> |
| <b>8:00 h</b>  | a | <b>18:00 h</b> | intervalo : | <b>14 minutos</b> |
| <b>18:00 h</b> | a | <b>1:00 h</b>  | intervalo : | <b>20 minutos</b> |

de tal manera que podría establecerse un sistema de horario fijo para que los ocupantes tuvieran la certeza de que a cierta hora establecida pueden abordar uno de los carros del tren.

## FASES DEL PROYECTO

Para fines de planeación al proyecto se le puede dividir en dos etapas o fases, la primera que contaría con las siguientes características generales:

- 146 km de longitud de vías
- 18 estaciones a lo largo del corredor industrial del Bajío
- 42 carros
- Ocupación estimada del sistema : 128.,700 pas/día

### *COSTOS DEL PROYECTO PARA LA FASE 1*

- Costos de Construcción :
  - ◊ Obra civil : 154 millones de US dls.
  - ◊ Equipo Fijo 112 millones de US dls.
  - ◊ Material Rodante 96 millones de US dls.
  
- Derechos de vía 20.1 millones de US dls.
  
- Servicios profesionales
  - ◊ Gerencias, ingeniería y coordinación 50 millones de US dls
  - ◊ Capacitación 7.2 millones de US dls
  
- Costo financiero
  - ◊ Intereses durante la construcción 66.4 millones de US dls
  - ◊ Riesgo finito 10 millones de US dls
  - ◊ Marco legal 3 millones de US dls
  - ◊ Seguros 15 millones de US dls
  - ◊ Cuotas financieras 22.2 millones de US dls
  - ◊ Contingencias 8.6 millones de US dls



En total la fase 1 costaría 565 millones de US dls, los cuales se obtendrían de la siguiente manera :

- Préstamos 365 millones de US dls.
- Capital 200 millones de US dls.

De la fase 2 del proyecto lo que puedo decir es que aún no considero factible la construcción de la misma ya que dependerá de la respuesta real de las personas que utilicen el servicio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Monografía Geológico-Minera del Estado de Guanajuato  
Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Subsecretaría de Minas e Industria Básica  
México, 1992
  - Guanajuato siglo XXI, tomos I, II y III  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus León  
México, 1993
  - Curso de edificación  
Díaz Infante, Luis Armando  
Trillas  
México, 1994
  - Mecánica de suelos volumen II  
Juárez Badillo, Eulalio  
LIMUSA  
México, 1993
  - Instalaciones sanitarias en edificación  
César Valdez, Enrique  
UNAM  
México, 1994
  - La ley general del equilibrio ecológico  
SEMARNAP  
México, 1995
  - Reglamento de Impacto Ambiental  
SEMARNAP  
México, 1995
-