

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN PARA EL DISEÑO DE UN  
SISTEMA DE INTERCONEXIÓN POR CABLE DE FIBRA ÓPTICA ENTRE  
SAN GIL Y SOCORRO

**ORLANDO ARENAS VILLAR**

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2011

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN PARA EL DISEÑO DE UN  
SISTEMA DE INTERCONEXIÓN POR CABLE DE FIBRA ÓPTICA ENTRE  
SAN GIL Y SOCORRO

**ORLANDO ARENAS VILLAR**

Monografía para optar el título de  
Especialista en Alta Gerencia

Director: Ing. JAVIER ARIAS OSORIO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2011

## **DEDICATORIA**

A mi esposa e hijos que siempre llenan de felicidad mi entorno y me inspiran valor para seguir adelante en la carrera de la vida sin temor a nuevos retos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero Javier Arias Osorio, asesor de este trabajo por su valioso aporte, disposición y paciencia durante el tiempo que tomo la elaboración de esta monografía.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>	<b>14</b>
1.1. Justificación del proyecto	14
1.2. Planteamiento del problema	15
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1. Objetivo general	16
2.2. Objetivos específicos	16
<b>3. ESTADO ACTUAL DE LA RED</b>	<b>17</b>
3.1. Descripción general	18
3.2. Características técnicas	20
<b>4. VENTAJAS DE LA INTERCONEXIÓN POR FIBRA OPTICA</b>	<b>21</b>
4.1. Medio de transmisión	21
4.2. Ancho de banda	21
4.3. Atenuación	21
4.4. Inmunidad electromagnética	22
4.5. Inviolabilidad	22
4.6. Aislamiento eléctrico	22
4.7. Rentabilidad	22
<b>5. ALTERNATIVAS DE INTERCONEXIÓN</b>	<b>23</b>
<b>6. EVALUACIÓN TECNICA</b>	<b>23</b>
<b>7. ANALISIS FINANCIERO</b>	<b>29</b>
7.1. Análisis Opcional ruta alta	30
7.2. Análisis Opcional ruta vía	32
7.3. Evaluación de las opciones	34
<b>8. SELECCION DE LA RUTA DE MAYOR VIABILIDAD</b>	<b>36</b>
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>37</b>
<b>10. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>38</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1. PARTICIPACIÓN DE INTERNET</b>	<b>13</b>
Porcentaje San Gil	<b>13</b>
Porcentaje Socorro	<b>13</b>
<b>Figura 2. DISEÑO INTERCONEXIÓN SANGIL – SOCORRO</b>	<b>28</b>

## RESUMEN ESPAÑOL

**TITULO:** ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE INTERCONEXIÓN POR CABLE DE FIBRA ÓPTICA ENTRE SAN GIL Y SOCORRO.

**AUTOR:** Facultad: DE INGENIERIA FISICO-MECÁNICA. Escuela: INGENIERIA INDUSTRIAL.  
Director: Ing. JAVIER EDUARDO ARIAS OSORIO.

**Palabras Claves:** INTERCONEXIÓN, CABLE, FIBRA ÓPTICA, SAN GIL, SOCORRO

En el proyecto Se busca analizar y evaluar la viabilidad económica y técnica para exponer la mejor alternativa de inversión para el mejoramiento y expansión de la prestación de servicios de la empresa PSI, específicamente analizando la posibilidad de interconexión por fibra óptica entre los municipios de San Gil y Socorro, con el ánimo de prestar un servicio más eficiente, aumentar la oferta, disminuir los costos operativos, tener mayor presencia comercial, llegar con nuevos productos a sus clientes y afianzar la participación mayoritaria del mercado que permita seguir siendo competitivo frente a los demás competidores.

En la actualidad PSI cuenta con dos sistemas de cable para los municipios de San Gil y Socorro que cumplen las mismas características operativas pero con la diferencia que en San Gil se cuenta con la infraestructura de fibra óptica adicional. La fibra óptica proporciona un ancho de banda significativamente mayor que los cables de pares y el Coaxial.

Después de realizar los estudios para ver las ventajas que brinda este sistema el equipo investigador y la gerencia de la compañía determinaron dos posibles rutas a utilizar para la interconexión y sobre las cuales se realizara el análisis técnico y económico: 1. **Ruta alta.** Es la dirigida por la postería que tiene la electrificadora de Santander por la línea de 34Kva. 2. **Ruta vía.** Es la dirigida por la vía principal. Al realizar la selección de la ruta de mayor factibilidad desde el punto de vista técnico y financiero la empresa deberá escoger e invertir en el proyecto de **Ruta alta.**

---

\*Proyecto de Grado

\*\* Facultad: De Ingeniería Físico-Mecánica. Escuela: Ingeniería Industrial.  
Director: Ing. Javier Eduardo Arias Osorio.

## ENGLISH SUMMARY

**TITLE:** A STUDY OF ALTERNATIVE INVESTMENTS FOR THE DESIGN OF A SYSTEM OF INTERCONNECTION FOR FIBER OPTIC CABLE AND RELIEF FROM SAN GIL.

**AUTHOR:** Department: PHYSICAL AND MECHANICAL ENGINEERING. School: INDUSTRIAL ENGINEERING. Director: Mr. JAVIER ARIAS EDUARDO OSORIO.

**Keywords:** NETWORKING, CABLE, FIBER OPTICS, SAN GIL, SOCORRO.

The project seeks to analyze and evaluate the economic and technical feasibility to present the best investment alternative for the improvement and expansion of services of PSI companies, specifically exploring the possibility of fiber optic interconnection between the municipalities of San Gil and Socorro, with the aim of providing a more efficient service, increase supply, lower operating costs, have greater commercial presence, reach new products to its customers and strengthen the majority of the market that allow to remain competitive with other competitors.

PSI currently has two cable systems in the municipalities of San Gil and Socorro features that perform the same functions but with the difference that in San Gil has the additional optical fiber infrastructure. The optical fiber provides a bandwidth significantly higher than pair cables and coaxial.

After conducting studies to see the advantages offered by this system the research team and the management of the company identified two possible routes to be used for interconnection and which will be held on technical and economic analysis: 1. **High road**. It's directed by posterity who has the power company of Santander 34Kva line. 2. **Ruta way**. It's run by the main road. The following selection of the most feasible route from the point of technically and financially the company must choose and invest in the project High Road.

---

\* Draft Grade

\*\* Faculty: Physics and Engineering Mechanics. School: Industrial Engineering.  
Director: Mr. Javier Arias Eduardo Osorio..

## INTRODUCCION

Al ser las telecomunicaciones un sector de rápidos cambios y transformaciones tecnológicas y organizacionales, donde la toma de decisiones y el control del riesgo marcan el futuro y la supervivencia de las empresas en el mercado , es necesario estudiar, analizar y entender la prospectiva global y particular del mismo al igual que la tendencia de el nicho de mercado a corto y mediano plazo, esto le permitirá a PSI (Proveedor de Servicios de Internet) telecomunicaciones estar preparada operativa, comercial y organizacionalmente para la continua evolución y los nuevos y abundantes desafíos que les esperan a las organizaciones que se encuentren unidas a este sector.

Tanto la flexibilidad de las organizaciones, como el control del riesgo son factores determinantes en la manera como las empresas del sector se proyecten hacia el futuro y los nuevos retos que el mercado les ofrece al determinar y medir a través de modelos matriciales los riesgos sistemáticos y asistemáticos de las empresas y evaluar económicamente el impacto de implementación de nuevas TICS dentro de la compañía, se lograra en primera instancia aceptar o rechazar un proyecto de expansión de la empresa, marcar el desarrollo a mediano plazo de la misma, determinar el nivel de competitividad para enfrentar a los grandes grupos empresariales y por ultimo asumir estrategias de control y transferencia del riesgo que lo blinde y proteja ante los cambios abruptos del mercado.

A nivel nacional se observa que la situación del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Colombia, se encuentra marcada principalmente por acontecimientos transformadores de la composición y el entorno del mismo; En el Estudio Global de Tecnologías de la Información, (/tomado del informe No 13 del 2009 de la comisión de regulación de

comunicaciones),<sup>1</sup>, presentado en el último Foro Económico Mundial, Colombia mejoró notablemente sus indicadores TIC de 2010 y 2009, con respecto a lo observado en el periodo 2008. Se resalta la penetración de la telefonía móvil y el crecimiento de los accesos a Internet en conexiones de banda ancha. En cuanto a las telecomunicaciones sociales, cada vez son mayores los esfuerzos del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, a través del programa Compartel, encaminados a un fortalecimiento del desarrollo social y la garantía del principio de servicio universal, lo cual se refleja en la atención a más instituciones públicas.

Las cifras nacionales muestran una tendencia fuerte hacia el crecimiento del sector, debido a que cada día más personas necesitan acceso a internet puesto que la globalización de la información así lo exige.

Por otra parte el gobierno nacional ha generado normas y decretos como el 2870 de 2007 y 945 de 2008, que están orientados a promover escenarios competitivos entre los operadores de servicios de telecomunicaciones; con lo que se busca en primer instancia regular el sector, dotar a los operadores de herramientas competitivas adicionales a los mercados de telefonía fija y estableciendo condiciones claras y objetivas de participación en el mercado.

Todo esto con el propósito de que exista una competencia justa en la prestación de los servicios, que deriva en la dinamización del mercado de la banda ancha en Colombia, logrando aumentar su cobertura y realizando un proceso de sensibilización social y sectorial que permita llegar a más sitios y a más usuarios.

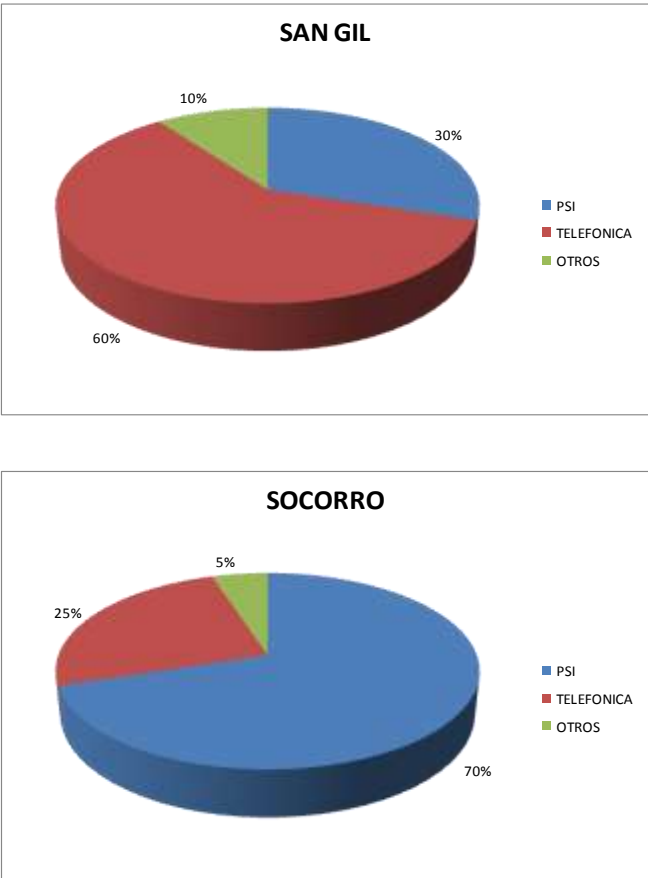
Es así que, bajo este escenario de crecimiento económico, regulación normativa del sector y confianza inversionista del país que aunado a las oportunidades tangibles percibidas en las cifra de crecimiento de los mercados nacionales y locales; y gracias a la trayectoria y posicionamiento de **PSI**, una empresa de

telecomunicaciones santandereana ubicada en los municipios de San Gil y Socorro que presta los servicios de internet y próximamente televisión por cable, se dan las condiciones para el crecimiento de la compañía y se hace necesario tomar decisiones de inversión.

A través del presente documento se evalúa y expone la mejor alternativa de inversión para el mejoramiento y expansión de la prestación de servicios de la compañía, específicamente analizando la posibilidad de interconexión por fibra óptica entre los municipios mencionados, con el ánimo de prestar un servicio más eficiente, aumentar la oferta, disminuir los costos operativos, tener mayor presencia comercial y afianzar la participación mayoritaria del mercado que permita seguir siendo competitivo frente a las grandes compañías de telecomunicaciones que ya hacen presencia en los municipios mencionados.

### PARTICIPACIÓN DE INTERNET

Figura N1.



## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Justificación del proyecto**

El presente proyecto se justifica en la necesidad que tiene PSI de evaluar las alternativas de inversión para el mejoramiento del servicio que presta, el incremento de su oferta de servicios, la disminución de sus costos operativos y sobre todo el mantenimiento y crecimiento del porcentaje de participación en el mercado y presencia en el mismo ante la amenaza de nuevos competidores.

El hecho de que PSI se haya logrado consolidar como operador de Internet en las ciudades de San Gil y Socorro con más de cinco años de funcionamiento y más de mil afiliados, la obliga a asumir nuevos retos de logística y tecnología que le permita seguir creciendo y teniendo un posicionamiento importante en el mercado y fortalecer la fidelización de los cerca de mil trescientos usuarios con que cuenta.

La compañía PSI fue la primera en ofrecer servicio de Internet banda ancha en los municipios de San Gil y Socorro, hecho que le ha permitido posicionarse como la empresa líder del sector en los municipios en mención y lograr estar por encima de los grandes operadores nacionales que se han interesado en el mercado logrando contar a nivel local con el 45% de las conexiones a internet. Esto lo ha logrado gracias a que PSI entrega soluciones integrales e innovadoras de comunicaciones, se anticipa y supera las necesidades de sus clientes, desarrolla su negocio con altos estándares de calidad y servicio, apoyado en talento humano comprometido y tecnología adecuada, por medio de una gestión empresarial eficiente y con compromiso social.

Es por tal razón que dentro de las alternativas de mejoramiento del servicio y reducción de costos administrativos y operativos se estudia la posibilidad de

interconectar los municipios de San Gil y Socorro por medio de la fibra óptica; la utilización de este medio de transporte será pilar fundamental en el desarrollo de las exigencias que depara el mundo de las telecomunicaciones y que les permitirá seguir siendo competitivos.

Aunque con el actual sistema se logra tener presencia de manera eficiente en los dos municipios la duplicidad de equipos y el control operativo en las dos sedes, hace que los costos operativos sean muy altos y la logística organizacional sea más lenta; al introducir una tecnología de avanzada que permita la interconexión de los centros de control en los municipios de San Gil y el Socorro, PSI busca disminuir los costos de operación, y así mismo poder incrementar el ancho de banda ofertado y prestar un mejor soporte técnico que mantenga satisfechos a los abonados de la compañía.

En la actualidad las aplicaciones de los sitios web, el crecimiento de las redes sociales y el mayor número de contenido en el ciberespacio han hecho que los usuarios se vuelvan más exigentes en cuanto a velocidad se refiere; y los operadores que prestan este servicio deben acoplarse a las exigencias del mercado. Por tal motivo la modernización por medio de la interconexión con fibra óptica es imprescindible para PSI pues al interconectar sus dos puntos de servicio tendrá un mayor control de la red y a su vez una mejor productividad para sus usuarios.

## 1.2. Planteamiento del problema.

En mundo tan desarrollado como el actual y que crece a un ritmo acelerado, se han vuelto las TICS tan amplias y tan relevantes que ya hacen parte de las necesidades básicas de la mayoría de hogares Colombianos y del mundo. Son muchas las personas y organizaciones que cuentan con uno o más computadores en operación y con necesidades constantes de conectividad.

Para que esta conectividad se dé correcta y constantemente se hace necesaria la implementación de redes que permitan ofrecer servicios de internet de mayor calidad y a más personas

Cabe destacar que este proyecto se realiza con el objetivo de analizar la viabilidad económica y técnica de crear un sistema de interconexión, que le permitirá ampliar su radio de operaciones y llegar con nuevos productos a sus clientes pues para PSI se hace necesario la implementación del sistema de interconexión debido a que le permitirá aumentar su competitividad llegando a más usuarios con más productos y disminuyendo costos de operación.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar la mejor opción técnica operativa y económica para el diseño de un sistema de interconexión por cable de fibra óptica entre San Gil y Socorro.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Identificar las posibles rutas de interconexión, que se ajusten al planteamiento económico de la empresa
- Analizar técnicamente cada ruta para su implementación, de acuerdo a las normas internacionales
- Evaluar el impacto financiero de cada ruta, para determinar su viabilidad
- Realizar la comparación y el ordenamiento de los proyecto de inversión mutuamente excluyentes.
- Seleccionar la ruta de mayor viabilidad financiera y técnicamente, para su implementación

### 3. ESTADO ACTUAL DE LA RED

Es importante resaltar que los elementos que integran un sistema de telecomunicación son un transmisor, una línea o medio de transmisión y posiblemente, impuesto por el medio, un canal y finalmente un receptor. El transmisor es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes en un fenómeno físico, la señal que es el objetivo que en este proyecto PSI desea llevar a su perfección a través de la modernización y de la adopción de una sola central de comunicaciones. El medio de transmisión, por su naturaleza física, es posible que modifique o degrade la señal en su trayecto desde el transmisor al receptor debido al ruido, interferencias o la propia distorsión del canal. Por ello el receptor ha de tener un mecanismo de decodificación capaz de recuperar el mensaje dentro de ciertos límites de degradación de la señal.

La viabilidad de que la interconexión sea posible se basa sobre todo en analizar las propiedades físicas de la línea o medio de comunicación y las propiedades estadísticas del mensaje a fin de diseñar los mecanismos de transmisión más apropiados para determinar posibles imperfecciones en un canal de comunicaciones como ruidos (también conocido como ruido térmico), tiempo de propagación, función de transferencia de canal no lineal, caídas súbitas de la señal (micro cortes), limitaciones en el ancho de banda y reflexiones de señal (eco). Muchos de los modernos sistemas de telecomunicación obtienen ventaja de algunas de estas imperfecciones para finalmente, mejorar la calidad de transmisión del canal. Las comunicaciones se hacen móviles, flexibles, rápidas, directas y en tiempo real, permitiendo a muchas empresas mayor tiempo de dedicación a sus clientes, la instantaneidad es la nueva dimensión temporal provista por la modernidad y desde luego PSI no desea ser indiferente a las necesidades de sus clientes así como tampoco a la modernidad de su infraestructura ya que las nuevas conexiones a internet intensifican la globalización de la economía por medio de la globalización de la información.

### 3.1. Descripción general

En la actualidad contamos con dos sistemas de cable para los municipios de San Gil y Socorro que cumplen las mismas características operativas pero con la diferencia que en San Gil se cuenta con la infraestructura de fibra óptica adicional.

A continuación hacemos una breve descripción de la red **híbrida fibra óptica coaxial (HFC)**, con la que cuenta el municipio de San Gil. Una red HFC es una red de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soportes de la transmisión de las señales. Se compone básicamente de cuatro partes claramente diferenciadas: la cabecera, la red troncal, la red de distribución, y la red de acometida de los abonados.

**LA CABECERA:** Es el centro desde el que se gobierna todo el sistema. Su complejidad depende de los servicios que ha de prestar la red. Por ejemplo, para el servicio de distribución de señales bidireccionales de Internet dispone de una serie de equipos de recepción de microondas. Una vez añadida la codificación para corrección de errores, se utiliza un equipo para transmitir la información hasta el equipo terminal de abonado

La cabecera es también la encargada de monitorear la red y supervisar su correcto funcionamiento. El monitoreo se está convirtiendo rápidamente en un requerimiento básico de las redes de cable, debido a la actual complejidad de las nuevas arquitecturas y a la sofisticación de los nuevos servicios que transportan, que exigen una fiabilidad muy alta. En la cabecera se realizan además todo tipo de funciones de tarificación y de control de los servicios prestados a los abonados.

**RED TRONCAL:** La red troncal suele presentar una estructura en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios. Los nodos primarios alimentan a otros nodos (secundarios) mediante enlaces punto a punto o

bien mediante anillos. En estos nodos secundarios las señales ópticas se convierten a señales eléctricas y se distribuyen a los hogares de los abonados a través de una estructura tipo bus coaxial. Cada nodo sirve a unos pocos cientos de hogares (500 es un tamaño habitual en las redes de HFC), lo cual permite emplear cascadas de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha como máximo.

Las modernas redes de telecomunicaciones por cable híbridas fibra óptica coaxial han de estar preparadas para poder ofrecer un amplio abanico de aplicaciones y servicios a sus abonados. La mayoría de estos servicios requieren de la red la capacidad de establecer comunicaciones bidireccionales entre la cabecera y los equipos terminales de abonado, por lo tanto exigen la existencia de un canal de comunicaciones para la vía ascendente o de retorno, del abonado a la cabecera.

**RED DE DISTRIBUCIÓN:** A través de la red de distribución deben llevarse a cabo las tareas de transmisión de datos y conmutación, teniendo como misión principal multiplexar la información proveniente de diferentes proveedores de servicios o distintos usuarios y adaptar el sistema de transporte a las características específicas del bucle de abonado.

La red debe ser capaz de gestionar el establecimiento y liberación de las conexiones de banda ancha con los bucles de abonado, además de transportar la información con diferentes tipos de requerimientos en cuestiones de ancho de banda.

Hoy en día, no hay duda de que el sistema de transporte (que engloba la red de transporte y la red de distribución) para aplicaciones multimedia, tiene que utilizar fibra óptica como medio físico.

**RED DE ABONADO:** Las interfaces de usuario son los elementos finales de la red en el entorno de abonado que adaptan las señales a interfaces normalizadas de

uso extendido. Se puede decir que el equipo de abonado (PC) es el encargado de codificar y decodificar la información que le llega al usuario proveniente de la red, como son los distintos contenidos multimedia. También realiza funciones de gestión, mantenimiento, señalización y tasación.

### **3.2. Características técnicas**

La introducción de la fibra óptica en la infraestructura del socorro va a permitir disponer de un medio de transmisión de gran ancho de banda para el soporte de servicios de Internet, tanto actual como futuro.

Los beneficios de este renacimiento tecnológico son inmensos. Los Proveedores de Redes podemos ofrecer nuevos servicios avanzados de inmediato, incrementando las ganancias y complementando la satisfacción de los usuarios. Se puede ofrecer a los usuarios los servicios expandidos que juegan un papel importante en la productividad de la compañía y nos impulsa a mejorar la posición competitiva. Otros aspectos importantes es la disminución de los gastos de capital para equipamiento, costos requeridos para operar, soportar y mantener la red.

Estos factores parecen básicos, pero es importante entender como la elección de la tecnología y el equipamiento impacta en los costos operativos y administrativos. Por ejemplo: equipamiento que debe instalarse en cada cabecera central donde se va a proveer el servicio.

## **4. VENTAJAS DE INTERCONEXIÓN POR FIBRA OPTICA**

### **4.1. Medio de transmisión**

Existen principalmente tres implementaciones diferentes del canal físico. Estas son el par trenzado, el coaxial y la fibra óptica.

Será por tanto, importante justificar la utilización de la fibra óptica, ya que de su elección vendrán determinadas las especificaciones del sistema final. Aquí sólo comentaremos algunas de las ventajas más importantes de este medio.

### **4.2. Ancho de banda**

La fibra óptica proporciona un ancho de banda significativamente mayor que los cables de pares (UTP / STP) y el Coaxial. Aunque en la actualidad se están utilizando velocidades de 1,7 Gbps en las redes públicas, la utilización de frecuencias más altas (luz visible) permitirá alcanzar los 39 Gbps. El ancho de banda de la fibra óptica permite transmitir datos, voz, vídeo, etc.

La capacidad potencial de transportar información crece con el ancho de banda del medio de transmisión y con la frecuencia de portadora. Las fibras ópticas tienen un ancho de banda de alrededor de 1 THz, aunque este rango está lejos de poder ser explotado hoy día. De todas formas el ancho de banda de las fibras excede ampliamente al de los cables coaxiales.

### **4.3. Atenuación**

La baja atenuación de la señal óptica permite realizar tendidos de fibra óptica sin necesidad de repetidores. En una fibra óptica, las pérdidas son las mismas para cualquier frecuencia de la señal hasta muy altas frecuencias. La fibra óptica alcanza atenuaciones del orden de 0.15 dB/Km

#### **4.4. Inmunidad electromagnética**

La fibra también es inmune a los efectos electromagnéticos externos, por lo que se puede utilizar en ambientes industriales sin necesidad de protección especial

#### **4.5. Inviolabilidad**

Debido a que la fibra óptica no produce radiación electromagnética, es resistente a las acciones intrusivas de escucha. Para acceder a la señal que circula en la fibra es necesario partirla, con lo cual no hay transmisión durante este proceso, y puede por tanto detectarse.

#### **4.6. Aislamiento eléctrico**

Las fibras de vidrio eliminan la necesidad de corrientes eléctricas para el camino de la comunicación. Un cable de fibra óptica propiamente dieléctrico no contiene conductores eléctricos y puede suministrar un aislamiento eléctrico normal para multitud de aplicaciones. Puede eliminar la interferencia originada por las corrientes a tierra o por condiciones potencialmente peligrosas causadas por descargas eléctricas en las líneas de comunicación, como los rayos o las faltas eléctricas.

#### **4.7. Rentabilidad**

La determina la evaluación financiera

## 5. ALTERNATIVAS DE INTERCONEXIÓN

Después de analizar la descripción general de los sistemas de cable con que cuentan los municipios de San Gil y Socorro actualmente y de exponer y puntualizar en el presente estudio las ventajas que brinda para la compañía la implementación de interconexión por fibra óptica, el equipo investigador y la gerencia de la compañía determinaron las dos posibles rutas a utilizar para la interconexión y sobre las cuales se realizara el análisis técnico y económico.

1. **Ruta alta.** se determina como posible ruta de interconexión la dirigida por la postería que tiene la electrificadora de Santander por la línea de 34Kva que en línea recta tiene 16.374 metros y la que se tomaría en arriendo.
2. **Ruta vía.** Ruta dirigida por la vía principal, en la cual la postería en gran parte se instalaría por parte de la empresa con una distancia de 22.000 metros.

Es importante destacar que ambas rutas se ajustan a la normatividad y exigencias propuestas por los entes reguladores.

## 6. EVALUACIÓN TECNICA

La evaluación técnica de los proyectos busca garantizar que se cuantifiquen, califiquen y midan todas las variables operativas que afectan las alternativas propuestas. El proyecto tiene dos posibles rutas dentro de las cuales se encuentra la que se proyectará sobre los postes de alta de la electrificadora de Santander y una segunda ruta sería la que va en la vía principal sobre los postes de baja de la electrificadora de Santander, postes de telefonía y postes propios.

El estudio técnico estuvo a cargo del Ingeniero eléctrico Jorge García, el área técnica de la compañía y la gerencia de la misma.

A continuación describimos los criterios técnicos que se van a tener en cuenta para el estudio de las propuestas; cada uno de los criterios tendrá una calificación de acuerdo a los siguientes considerandos así:

Puntos	Consideración
5	Excelente
4	Bueno
3	Aceptable
2	No Aceptable
1	rechazado

En este orden de ideas el que tenga mayor puntuación sería el proyecto que tenga una mejor viabilidad técnica.

**Distancia:** La distancia en este tipo de montaje son primordiales, de ahí depende en su mayoría el presupuesto y las demás variables del proyecto ya que hay que tener en cuenta la cantidad de materiales que se deben utilizar para la adquisición de los mismos por medio de cotizaciones a los diferentes proveedores para que los materiales que se necesiten estén al momento de dar inicio al proyecto así como el personal y otras herramientas que se deben tener en cuenta al momento de sacar cuentas del proyecto.

**Duración del montaje:** Es importante que la duración del montaje sea el más corto posible, el tiempo de montaje depende de las condiciones del terreno donde se instale la red de fibra y de la cantidad de personal que se utilice para tal proyecto puesto que hay que tener en cuenta cuanto tiempo máximo se puede invertir y con qué cantidad de personas y maquinas debemos emplear para maximizar el trabajo.

**Tiempo de Respuesta:** En comunicaciones la respuesta inmediata a daños es fundamental, los servicios que se prestan por la fibra óptica merecen tener una

respuesta casi inmediata en caso de falla para evitar traumatismo en la información que viaja por ella.

**Posibles cortes:** En este tipo de Instalaciones aéreas el riesgo de corte de la fibra es muy esporádico, cuando se ocasionan los traumas en el servicio son catastróficos, la comunicación entre la sede principal y la subsede queda totalmente incomunicadas

**Daños infraestructura:** Los accidentes en carretera hace posible el daño a las infraestructuras, como el posible daño mal intencionado por los residentes de la región.

**Estabilidad del proyecto:** Todo proyecto tecnológico requiere de cierta estabilidad en el tiempo, el montaje de fibra es uno de los inventos tecnológicos que mayor acogida tiene en el mundo de las tecnologías y su durabilidad es muy Importante

**Innovación tecnológica:** Uno de los puntos más importantes en las dos propuestas, es que tienen su innovación tecnológica ya que se implementara una de las últimas mejores y confiables herramientas en el manejo de transición de datos y otros como lo es la fibra óptica

**Mejora la competitividad:** La competitividad de las empresas son el punto más importante, que hace la diferencia de una empresa a la otra, la interconexión hace posible que la empresa entre mejorar su competitividad y no quede relegada en el tiempo

**Riesgo de obsolescencia:** Este tipo de riesgo siempre éxito, pero la fibra hace posible que la obsolescencia quede estancada en el tiempo por muchos años.

**Permisos para el montaje:** Para el montaje de la fibra se requieren se cierto tipo de permisos, algunos de ellos están contemplados dentro la regulación nacional y

por ende su trámite es simplemente normativo.

**Spam:** El spam es un parámetro que nos garantiza la capacidad de la fibra de soporte trayecto en el aire sin la posibilidad de rompimiento

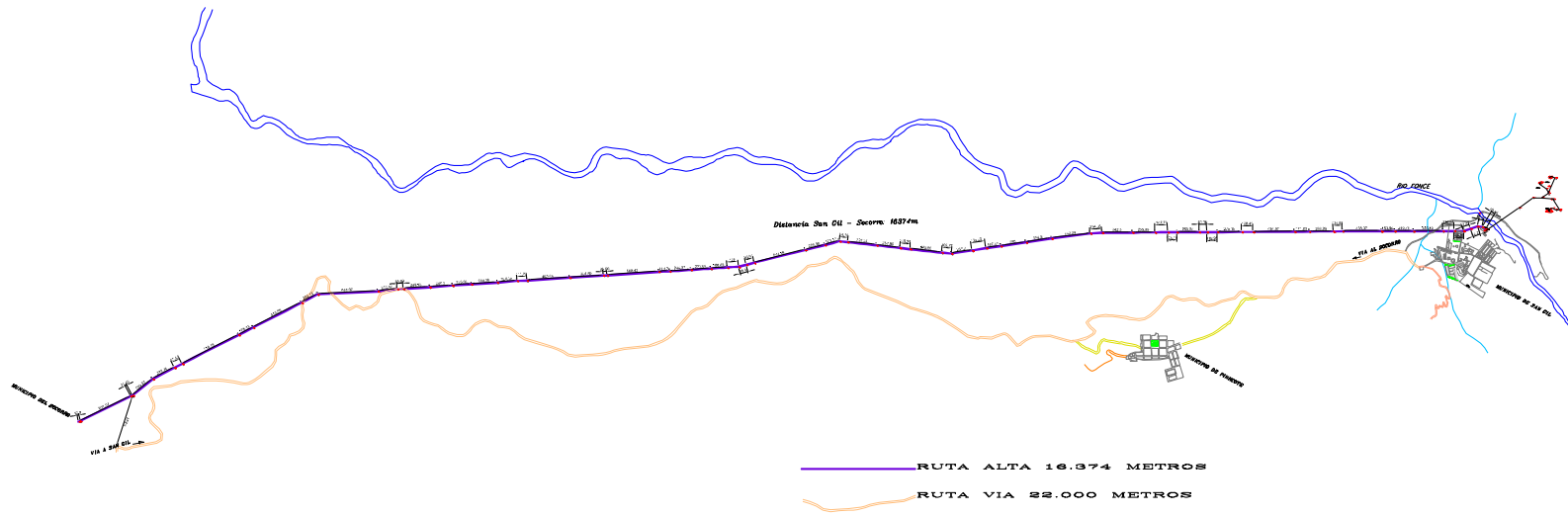
	Ruta Alta	Ruta Vía	Cal. Ruta Alta	Cal. Ruta Vía
Distancia	16.374 m	22.000 m	5	4
Duración del montaje	30 días	90 días	5	3
Tiempo de Respuesta	60 minutos	30 minutos	3	5
Posibles cortes	2 por año	4 por año	4	3
Daños infraestructura	1 por año	5 por año	4	3
Estabilidad del proyecto	50 años	40 años	5	4
VALOR DE SALVAMENTO	5%	3%	5	4
Innovación tecnológica	SI	SI	5	5
Mantenimiento	Cada 45 días por trocha	Cada 30 días por carretera nacional	3	5
Mejora la competitividad	SI	SI	5	5
Riesgo de obsolescencia	NO	NO	5	5
Permisos para el montaje	1	3	5	3

TOTAL			54	49
-------	--	--	----	----

Aunque encontramos viable la interconexión por cualquiera de las rutas propuestas, pues ambas se ajustan a la normativa y satisfacen los estándares de calidad necesario; Encontramos ventajas técnicas con la ruta denominada **Ruta alta**, e que solo se ve superada por la otra opción en mantenimiento y tiempo de respuesta debido a la facilidad de acceso a la fibra óptica en caso de cualquier imprevisto.

**Diseño de la interconexión:**

**Figura N2. Diseño interconexión san Gil – Socorro.**



**Fuente: el autor**

## 7. ANALISIS FINANCIERO

La presente evaluación busca determinar la viabilidad de dos proyectos mutuamente excluyentes que se analizan bajo un mismo escenario.

El método y criterio de evaluación financiera del proyecto será El Costo Uniforme Equivalente (CUE), este es un criterio útil en la comparación de diferentes proyectos que generan el mismo beneficio o satisfacen la misma necesidad, sin producir ingresos diferentes, caso en el cual es relevante únicamente un análisis comparativo de los costos. El costo uniforme equivalente es particularmente útil para un análisis comparativo de costos cuando las vidas útiles de las alternativas a ser comparadas son desiguales.

En el caso de la interconexión a implementar por PSI se cumplen estos parámetros, primero porque ambas alternativas comparadas satisfacen de igual manera la necesidad o fin para el que crean, los ingresos que generan serán los mismo independientemente de la alternativa que se escojan y sus vidas útiles son diferentes pues la alternativa ruta tiene una vida útil de 50 años y ruta vía de 40 años, teniendo en cuenta estas condiciones se concluye que el factor relevante para la toma de decisión en el presente proyecto es los costos esperados en cada opción.

El Costo Uniforme Equivalente (CUE), se asocia en forma conceptual con el valor presente neto (VPN) y, de hecho consiste en una equivalencia financiera del flujo de costos, calculada a la tasa de interés de oportunidad.

Para derivar el costo uniforme equivalente del presente proyecto, el flujo de costos del mismo se convierte en una serie uniforme (a precios constantes) de duración igual a su vida útil para cada una de las opciones, De esta manera se obtienen unos costos periódicos en este caso anuales equivalentes para cada alternativa y al compararlos los podremos ordenar según la conveniencia de cada uno

## 7.1. ANÁLISIS OPCION RUTA ALTA

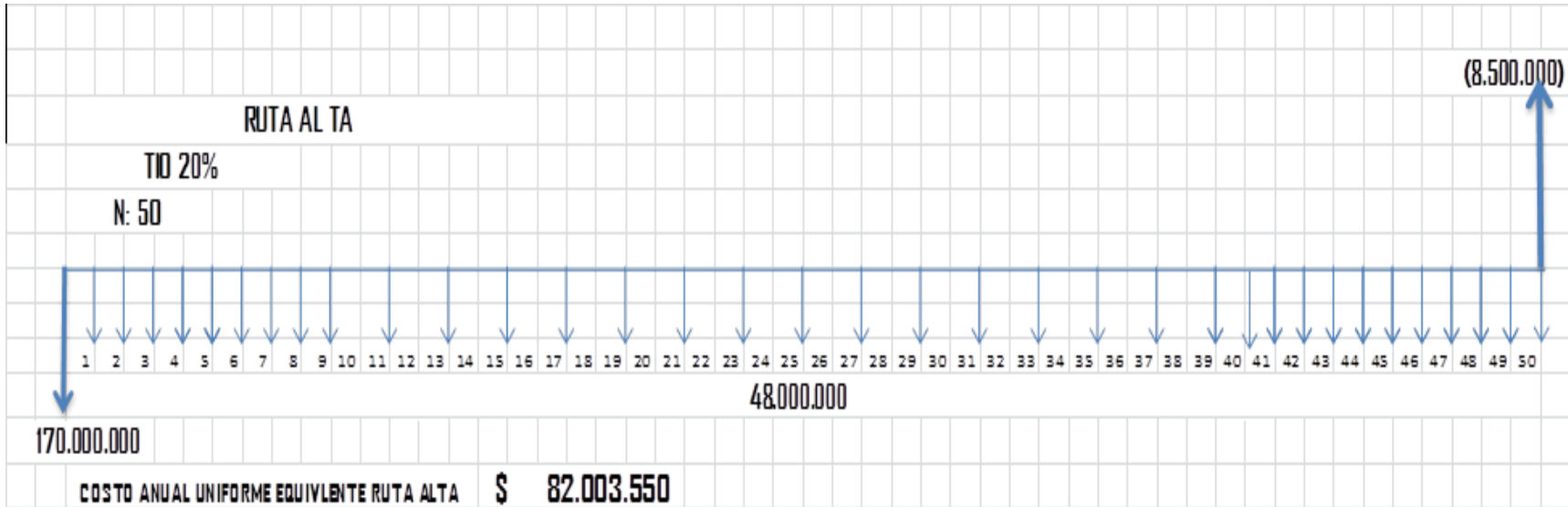
En esta opción tenemos los siguientes costos

Inversión Inicial	<b>\$ 170.000.000</b>
Administración mensual del sistema	\$ 2.500.000
Mantenimiento mensual	1.000.000
Imprevistos	\$ 500.000
<b>total mensual</b>	<b>\$ 4.000.000</b>

La vida útil de este proyecto es de 50 años y se estima un valor de salvamento de un 5% del total de la inversión al final de su vida útil

Como lo que compararemos son los costos de cada proyecto el ingreso por el valor de salvamento se tomara como un valor negativo (inverso a los costos).

Para este proyecto tendramos el siguiente flujo de caja :



Entonces tenemos los siguientes datos :

Inversión inicial: \$ 170.000.000

Tasa de oportunidad del inversionista (TIO): 20%

Horizonte del proyecto (N): 50 años

Costo anual uniforme equivalente (CAUE): \$48.000.000

Valor

de

salvamento:

\$8.500.000

## 7.2. ANÁLISIS OPCION RUTA VÍA

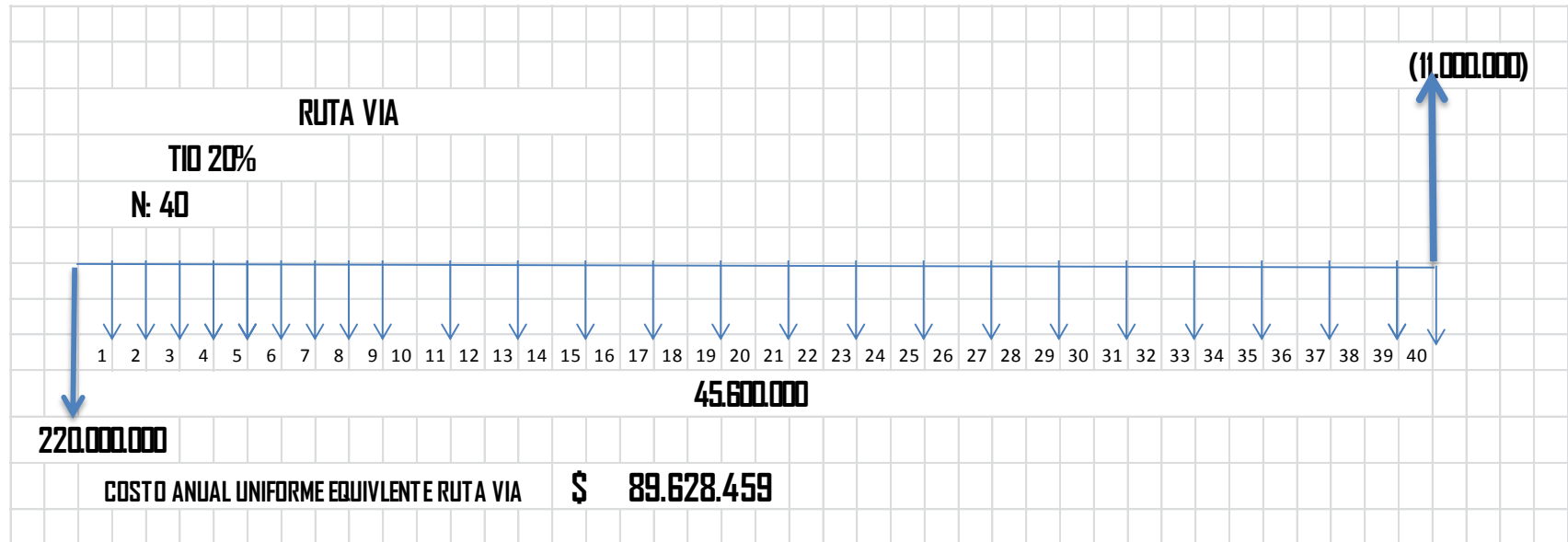
En esta opción tenemos los siguientes costos

Inversión Inicial	<b>\$ 220.000.000</b>
Imprevistos	500000
Administración mensual del sistema	\$ 2.500.000
Cuota mensual electrificadora	\$ 200.000
mantenimiento mensual	\$ 600.000
<b>total mensual</b>	<b>\$ 3.800.000</b>

La vida útil de este proyecto es de 40 años y se estima un valor de salvamento de un 3% del total de la inversión al final de su vida útil

Como lo que compararemos son los costos de cada proyecto el ingreso por el valor de salvamento se tomara como un valor negativo (inverso a los costos).

Para este proyecto tendriamos el siguiente flujo de caja :



Entonces tenemos los siguientes datos :

- Inversión inicial: \$ 220.000.000
- Tasa de oportunidad del inversionista (TIO): 20%
- Horizonte del proyecto (N): 40 años
- Costo anual uniforme equivalente (CAUE): \$45.600.000
- Valor de salvamento: \$11.000.000

### 7.3. EVALUACIÓN DE LAS OPCIONES

Para realizar la conversión del flujo uniforme, hay que tomar en cuenta que cada flujo tiene una suma presente negativa que representa la inversión original; una serie uniforme de costos de operación y mantenimiento y una suma futura positiva que representa el valor de salvamento de la interconexión.

La equivalencia de una suma presente en una serie uniforme está dada por la ecuación:

$$A = P(i(1+i)^n)/((1+i)^n - 1)$$

Donde:

A: es la equivalencia

P: es el valor presente

i: La tasa de oportunidad del inversionista

N: el número de periodos de cada opción

Se convierten en un costo uniforme cada uno de los valores de cada opción en este caso la inversión inicial, el costo anual y el valor de salvamento se comparan y se escoge la de menor valor.

Entonces tendríamos los siguientes resultados:

	<b>ruta alta</b>	<b>ruta via</b>
<b>Inversion</b>	\$ 170.000.000	\$ 220.000.000
<b>mantenimiento</b>	\$ 48.000.000	\$ 45.600.000
<b>vida util</b>	50	40
<b>valor salvamento 5%</b>	\$ (8.500.000)	\$ (11.000.000)
<b>TIO</b>	0,20	20%
<b>CUE. INVERSION</b>	\$ 34.003.736	\$ 44.029.957
<b>CUE VR SALVAMENTO</b>	-186,8247217	-1497,850345
<b>CUE TOTAL</b>	\$ 82.003.550	\$ 89.628.459
<b>MENOR COSTO</b>	<b>RUTA ALTA</b>	

Este método nos indica que es mejor opción escoger la opción ruta alta cuyo costo es menor y su vida útil es 10 años mayor que la opción ruta vía la cual a los 40 años tendríamos que volver a realizar la inversión inicial.

## 8. SELECCIÓN DE LA RUTA DE MAYOR FACTIBILIDAD

Desde el punto de vista técnico y financiero, la empresa deberá escoger e invertir en el proyecto **RUTA ALTA**, puesto que además de que cumplen con los indicadores necesarios para ser viables, muestra un mejor comportamiento de los mismos en relación al otro proyecto evaluado llamado **RUTA VÍA**.

Es de notar que la ejecución de este proyecto de inversión es viable para la empresa porque cuenta con experiencia en el manejo del producto, ha logrado el posicionamiento en el mercado y encontró una fisura del mercado para aprovechar como lo es el hecho de que los precios del producto de televisión por ser altos y que la cobertura no le llega a un gran número de los habitantes de los dos municipios

Desde el punto de vista técnico del ejercicio realizado, obtuvo una mejor puntuación **RUTA ALTA** con un puntaje de 54 versus 49 obtenida por la otra opción, es de notar que en todos los ítems evaluados gana la opción ruta alta excepto en el ítem mantenimiento y tiempo de respuesta en el cual lo gana ruta vía pues el mantenimiento se haría por la vía principal, mientras que la ruta alta su mantenimiento es por trocha, pero la diferencia en costo y tiempo es muy baja razón por la cual no es relevante este indicador en la toma global de la decisión.

Desde el punto de vista del proyecto vemos que **RUTA ALTA** es mejor opción de inversión pues su costo uniforme equivalente es menor en un 9 al de la otra opción y los ingresos que generar son iguales por cualquiera de las dos, adicionalmente su vida útil es 10 años mayor a la opción **RUTA VIA**.

## 9. CONCLUSIONES

La presente investigación ha llevado a cabo un riguroso estudio técnico y financiero para analizar la factibilidad de llevar a cabo el proceso de inversión en el cableado de fibra óptica.

Uno de los hallazgos encontrados a través de este proceso de estudio e investigación es sin duda alguna la disminución en los costos de operación el incremento en las metas y el mejoramiento del servicio al centralizar PSI creando una interconexión entre dos municipios a través de fibra óptica y dejando solo un centro de operaciones, promoviendo así la disminución de forma directa los costos de mantenimiento y facilitando el manejo administrativo y operativo de la compañía.

Es importante recalcar que el apalancamiento del proyecto Ruta Alta cuesta \$170.000.000 cincuenta millones más barato que la otra opción, la empresa sacara de su capital \$20.000.000 y lo otro lo financiara con los bancos locales, aunque se mira la posibilidad de buscar capital de riesgo en los fondos de inversión y mesas de dinero legalmente creadas en el país y que ofrece ventajas competitivas como es el compartir el riesgo y el disminuir el endeudamiento bancario.

La fibra óptica que se desea implantar en el proyecto para interconectar las dos sedes ofrecen unas velocidades lo suficientemente altas y una excelente calidad al momento de distribuir el servicio de internet que a su vez relacionado con la facilidad del control de un solo centro de comunicaciones hacen posible la viabilidad del proyecto propuesto.

## 10.BIBLIOGRAFIA

Adalberto C. (2004): "Introducción a la teoría general de la administración" México, D.F., McGraw-Hill

Jesús G. (2004): "Alta velocidad y calidad de servicio en redes" México, D.F., Alfa omega Ra-Ma

Baltasar R. (1994): "Introducción a la ingeniería de la fibra óptica" Wilmington, Addison-Wesley Iberoamericana

José, C. (2007): "Redes Ópticas" México, D.F., Limusa

Jean Paul S. (2002): "GERENCIA Y PLANEACION ESTRATEGICA" Santafé de Bogotá., Norma

KarenMarie Mokate. (2004): "EVALUACIÓN FINANCIERA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN, SEGUNDA EDICIÓN" Santafé de Bogotá, Editorial Alfaomega,