



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES PARA  
ASISTENCIA, CONTROL Y GESTIÓN DE RECURSOS PARA LA  
ATENCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO DEL PARQUE  
NACIONAL CAJAS, PROVINCIA DEL AZUAY”

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

ANDRES OMAR ROMERO VILLANUEVA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

Al culminar la etapa estoy muy orgulloso y agradecido, este logro alcanzado lo debo a muchas personas que estuvieron constantemente motivando y brindándome todo su apoyo. Por ello quisiera expresar mis agradecimientos a mis padres y hermana que son mi pilar fundamental, por todo su apoyo y confianza para la culminación de esta etapa universitaria.

## **DEDICATORIA**

Éste logro se los dedico a mis padres el Ing. Andrés Romero y Msc. Inés Villanueva, por todas sus enseñanzas, esfuerzo y apoyo que he recibido de ellos durante el tiempo que duró mi etapa universitaria en ESPOL y por ser el motivo de mi empeño y esmero para llegar a este punto de mi vida.

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....

Ing. Edison del Rosario Camposano

.....

Ing. Vladimir Sánchez Padilla

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente, y doy mi consentimiento para que la ESPOOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

## RESUMEN

La realización de este proyecto tiene como finalidad el diseño de un sistema tecnológico de vigilancia y de asistencia enfocado en el control, gestión e implementación de acciones de asistencia o rescate dentro del carretero del parque nacional El Cajas, que tiene como función resolver un incidente dentro de la vía siendo éste de tránsito, de emergencia, policial o ambiental en el menor tiempo posible.

El puesto de vigilancia permitirá a los usuarios del carretero, turistas o pobladores del sector, hacer uso de un sistema de telecomunicaciones para informar sobre un accidente a los trabajadores del puesto de control Quinuas, el cual está en las cercanías de la ciudad de Cuenca, es decir se encuentra más cerca a las entidades de asistencia y acudiendo a la emergencia dependiendo del problema.

Dicho punto de vigilancia poseerá una cámara y un teléfono para ambientes exteriores, ambos dispositivos compatibles con tecnología IP, para ser controlados y gestionados de forma remota, conectados entre sí mediante una red local IP hacia un nodo llamado PNCAJAS y el puesto de control Quinuas, siendo la empresa municipal ETAPA quien administre la red para mejora del parque y asistencia para con los usuarios.

La red está constituida por un sistema inalámbrico punto a multipunto, tomando en cuenta una posible ampliación del proyecto hacia nuevos puntos de vigilancia dentro de la vía; con el cual se pretende usar enlaces radioeléctricos de 3.5GHz y velocidades de 10Mbps para la transmisión de la voz.

Considerando además el análisis financiero, donde se concluye que la inversión pública para el proyecto es menor a 2 centavos de dólar (usd) por vehículo anualmente, donde se sabe que diariamente circulan 3056 automotores.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA .....	ii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA .....	iv
RESUMEN.....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
CAPÍTULO 1.....	1
1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1    Objetivos .....	5
1.1.1 Objetivo general.....	5
1.1.2 Objetivos específicos.....	5
1.2    Antecedente .....	5
1.3    Justificación.....	6
1.4    Alcance.....	6
1.5    Limitaciones .....	6
CAPITULO 2.....	8
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LAS TECNOLOGÍAS A USARSE.....	8
2.1    Cámaras de vigilancia .....	8
2.1.1 Tipos de Cámaras de vigilancia .....	8
2.1.2 Ventajas entre tipos de cámaras.....	9
2.2    Telefonía fija.....	10
2.2.1 Tipos de terminales de Telefonía fija .....	12
2.2.2 Telefonía VoIP .....	13
2.2.3 Telefonía Convencional vs IP .....	14
2.2.4 Ventajas y Desventajas de VoIP.....	16

2.2.5	Protocolos de VoIP .....	17
2.2.6	Codec's y Anchos de Banda .....	19
2.3	Tecnologías de Acceso: Últimas Millas.....	21
2.3.1	Tipos de tecnologías de Acceso .....	21
2.4	Redes de Transporte.....	23
CAPÍTULO 3.....		24
3 DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....		24
3.1	Requerimientos para el diseño del proyecto .....	24
3.1.1	Equipos terminales .....	24
3.1.2	Acceso de última milla .....	26
3.1.3	Equipos adicionales.....	31
3.2	Software .....	32
3.3	Infraestructura .....	33
3.4	Diseño de la Red .....	34
3.5	Resumen de materiales del proyecto.....	37
CAPÍTULO 4.....		38
4 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO .....		38
4.1	Inversiones Generales.....	38
4.2	Costos Generales.....	41
4.2.1	Costos de Operatividad .....	41
4.2.2	Costo Financiero.....	41
4.3	Flujo proyectado .....	42
4.4	Valor Actual Neto (VAN) .....	43
4.5	Relación Costo vs Beneficio .....	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		45
BIBLIOGRAFÍA.....		47

ANEXOS .....49

## CAPÍTULO 1

### 1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En El Parque Nacional CAJAS pasa la carretera Cuenca-Molleturo-Naranjal que conecta al austro ecuatoriano con las provincias del Guayas y El Oro con una longitud de 111.92 km. La vía se considera de alto tráfico y en su primera mitad del trayecto desde Cuenca a El Oro existen únicamente dos carriles, uno de ida y un carril de venida y en su segunda instancia del trayecto cerca de Molleturo se tienen tres carriles, las cuales se usan dos de ida hacia la Costa y una de venida.

En lo extenso de la carretera no existe comunicación a distancia hacia los puestos de control del parque, sea esta por telefonía móvil o hacia alguna entidad de rescate, en caso de tener un eventual accidente, que además genera un congestionamiento en la carretera, ya sea por deslave o por automotores. Actualmente los tiempos de respuesta hacia el ECU911 o a los puestos de control del parque son largos, entre minutos e inclusive horas para atender el problema.

No existen puntos estratégicos de vigilancia donde se haga uso de sistemas de telecomunicaciones para poder monitorear y/o controlar o implementar acciones de rescate o de gestión de tráfico vehicular.

Considerando que la carretera sirve a todo tipo de vehículos, se presentan inconvenientes de tránsito en algunos puntos de la vía, y que algunas ocasiones por cuestiones climáticas se ralentiza el tránsito que circula en la vía. Generalmente, los vehículos pesados y de transporte público los más relacionados con accidentes en la vía.

La Empresa pública municipal de telecomunicaciones, agua potable, alcantarillado y saneamiento de Cuenca – Ecuador (ETAPA EP) [1] es la encargada de manejar los tres únicos puestos de control, donde dos de la empresa es la encargada de verificar el tráfico, turismo e incidentes de carácter ambiental que posee el Parque Nacional Cajas (PNC) siendo estos controles

ubicados en las cercanías de los sectores: Valles del Quinuas, Huagrahuma y La Toreadora, siendo puntos distantes entre ellos.

Además se tiene la situación que también existe tráfico pesado en Azuay y por lo general en gran parte de la zona austral del Ecuador donde ha tenido un aporte significativo la construcción de varias vías y carreteras en este sector.

A todo esto cuando suceden accidentes no se tienen forma de comunicarse por la poca cobertura de las operadoras móviles que existen, haciendo imposible el llamado al Ecu911 por telefonía celular, por lo que el parque indica que se cuenta con dos puntos de asistencia y un refugio en un tramo de más de 14km de longitud y siendo los extremos de la vía los únicos puntos donde se pueden realizar pedidos de auxilio ante un eventual accidente y en ciertas zonas donde existe cobertura móvil.

Siendo Azuay la 4ta provincia con mayor probabilidad de accidentes de tránsito con un número de 126 accidentes anuales de entre Enero del 2014 a Enero de 2015 y siendo los sectores de Cuenca y El Cajas el mayor número de accidentes dentro de la provincia con 116 accidentes anuales, según datos de la ANT Agencia Nacional de Tránsito a la fecha del mes de octubre del 2015(figura 1.1).

#### SINIESTROS POR PROVINCIA A NIVEL NACIONAL OCTUBRE- 2015

PROVINCIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	TOTAL A OCTUBRE - 2015	REPRESENTACIÓN	%
AZUAY	126	99	87	109	120	96	119	124	113	112	1.105		3,78
BOLIVAR	14	13	18	11	14	20	15	18	10	20	153		0,52
CANAR	27	21	21	28	17	26	36	24	34	26	269		0,89
CARCHI	16	12	18	11	14	21	18	12	15	10	147		0,50
CHIMBORAZO	45	46	44	68	42	46	53	47	42	46	479		1,64
COTOPAXI	38	44	42	35	63	64	38	50	34	35	443		1,51
EL ORO	77	71	103	76	86	61	75	71	58	80	758		2,59
ESMERALDAS	25	22	34	28	22	39	33	48	34	32	317		1,08
GALAPAGOS	-	4	4	2	2	3	1	2	0	1	19		0,06
GUAYAS	572	450	581	550	592	537	557	625	584	591	5.639		19,27
IMBABURA	68	109	148	157	138	101	123	105	114	168	1.231		4,21
LOJA	60	51	41	56	69	41	55	54	62	57	546		1,87
LOS RIOS	122	97	95	87	99	109	107	108	110	103	1.037		3,54
MANABI	123	111	114	85	89	86	111	93	86	95	993		3,39
MORONA SANTIAGO	10	13	13	13	17	11	10	14	12	16	129		0,44
NAPO	17	12	11	10	17	8	13	10	11	14	123		0,42
ORELLANA	20	15	20	15	21	11	3	5	7	9	126		0,43
PASTAZA	12	18	8	19	11	6	9	8	8	2	101		0,35
PICHINCHA	1.244	1.099	1.332	1.334	1.372	1.376	1.332	1.209	1.272	1.329	12.899		44,09
SANTA ELENA	41	38	39	28	42	43	26	28	31	34	350		1,20
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	68	71	100	102	74	92	89	72	74	83	825		2,82
SUCUMBIOS	11	9	15	9	22	5	6	13	4	11	105		0,36
TUNGURAHUA	128	142	126	123	143	145	125	143	155	158	1.388		4,74
ZAMORA CHINCHIPE	8	10	9	11	10	10	8	9	5	7	87		0,30
<b>TOTAL</b>	<b>2.872</b>	<b>2.577</b>	<b>3.023</b>	<b>2.967</b>	<b>3.096</b>	<b>2.957</b>	<b>2.961</b>	<b>2.892</b>	<b>2.875</b>	<b>3.039</b>	<b>29.259</b>		<b>100</b>
<b>%</b>	<b>9,82</b>	<b>8,81</b>	<b>10,33</b>	<b>10,14</b>	<b>10,58</b>	<b>10,11</b>	<b>10,12</b>	<b>9,88</b>	<b>9,83</b>	<b>10,39</b>	<b>100,00</b>		

Figura 1.1: Siniestros a Octubre del 2015 [2]

Para una mejor apreciación el carretero del parque nacional CAJAS. En las figuras 1.2 y 1.3 se muestra la localización de los puntos de control dentro del carretero del parque nacional Cajas y realizando un acercamiento se observa en las figuras 1.4 y 1.5 los puestos de control Huagrahuma y Quinuas respectivamente, y en la figura 1.6 el refugio la Toreadora, con una distancia de aproximadamente 15 km entre sus puestos de control, donde detallamos las coordenadas en la tabla 1 usando el software Google Earth versión 7.1.5.1557.

	Latitud	Longitud
<b>Puesto de Control Huagrahuma</b>	2°47'4.99"S	79°16'13.36"O
<b>Refugio la Toreadora</b>	2°47'0.33"S	79°13'20.75"O
<b>Puesto de control Quinuas</b>	2°47'4.53"S	79°11'34.75"O

Tabla 1: Coordenadas de puestos de control



Figura 1.2: Ubicaciones de los puestos de control



Figura 1.3: Relieve del carretero del Parque Nacional Cajas



Figura 1.4: Puesto de control Huagrahuma

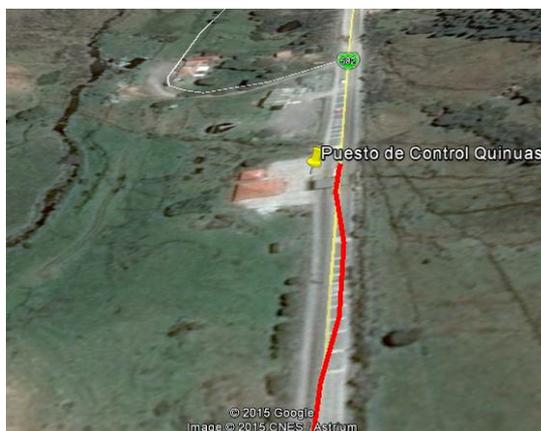


Figura 1.5: Puesto de control Quinuas

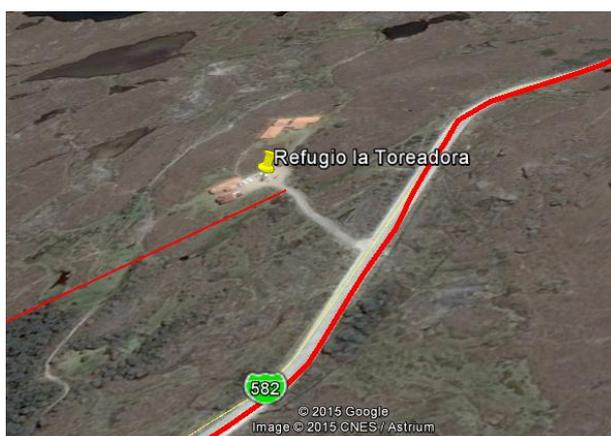


Figura 1.6: Refugio la Toreadora

## 1.1 **Objetivos**

Encontrar una solución para el problema planteado, desde un punto de vista técnico y asequible a los usuarios de la carretera como se plantea en las hipótesis generales y específicas.

### 1.1.1 **Objetivo general**

Controlar, gestionar e implementar acciones según el problema dado en la vía con las diferentes entidades de asistencia (vial, seguridad o rescate) para solventar problemas y accidentes de tránsito dentro del parque nacional El Cajas y a su vez proponer alternativas técnicas para casos similares en diferentes carreteras del país.

### 1.1.2 **Objetivos específicos**

- ✓ Implementar uno o más puntos de vigilancia usando tecnologías para que los usuarios de la vía tengan mayor facilidad de comunicación ante un eventual incidente en la vía.
- ✓ Reducir los tiempos de respuestas a los llamados de emergencia dependiendo del caso.
- ✓ Registrar datos estadísticos de accidentes en puntos específicos de la vía para prevenir accidentes futuros
- ✓ Revisar los tipos de tecnologías disponibles para la implementación del proyecto, acorde a su efectividad y viabilidad.

## 1.2 **Antecedente**

Se ha confirmado que se ha insistido en varias ocasiones a las autoridades para tomar asunto y validar las soluciones pertinentes del caso, sin tener respuesta del mismo, esto considerando todos las razones antes mencionadas hacen que la vía sea propensa a accidentes de tránsito y al cierre de vías según indica el diario El Mercurio de cuenca [3]. Que además indica que el subsecretario del MTOP (Ministerio de transporte y obras

públicas) en Azuay, informó que el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de la Cuenca-Molleturo-El Empalme es de 3.056 automotores.

Las autoridades municipales ETAPA, postularon la idea de que el tráfico pesado circule por otra vía o que sólo circule a ciertas horas aunque esto aún no se ha aplicado según indica la página de la Empresa municipal ETAPA.

### **1.3 Justificación**

Según lo consagrado en el Artículo 3 punto 4 y 17 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones [4] establece los mecanismos de coordinación con organismos y entidades del Estado para atender temas relacionados con el ámbito de las telecomunicaciones en cuanto a seguridad del Estado, emergencias de rescate y entrega de información para investigaciones judiciales, dentro del debido proceso.

### **1.4 Alcance**

El proyecto tiene como alcance ampliarse desde varios puntos de vista:

- ✓ Proponer un modelo generalizado de red local conformado más puntos de vigilancia para un futuro extenderse y brindar mayor soporte dentro del carretero.
- ✓ Proponer un modelo de redundancia a conformar, analizando las ventajas y desventajas en implementación durante su operación y reflejadas en costos si se realizara varios puntos de asistencia.
- ✓ Sugerir detalles técnicos que se deberán considerar para realizar cambios similares o ampliación del mismo con la adición de otros servicios como Internet inalámbrico en los puntos de vigilancia.

### **1.5 Limitaciones**

Atendiendo a la necesidad del problema, nuestro proyecto se limita analizar y diseñar un solo punto de vigilancia o asistencia en un lugar estratégico de la vía considerando lo siguiente:

- El puesto de asistencia, se podrá colocar en un sector que cuente con las prestaciones y disponibilidad de energía eléctrica adecuada para la conexión

de equipos como es el refugio la Toreadora, la cual es administrada por el parque.

- Se lo colocará en sectores cercanos a una vivienda o lugar público pero estando dentro del carretero o con línea de vista hacia el nodo a analizar.
- Validamos la posible instalación de una cámara de seguridad y telefonía fija para comunicación ante indecentes de emergencia.
- Considerar las diferentes formas de utilizar una red de transporte nueva o rentada por alguna operadora o empresa de telecomunicaciones con redes de transporte ya instalada.

## CAPITULO 2

### 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LAS TECNOLOGÍAS A USARSE

Se consideran los diferentes tipos de tecnologías que se pueden usar para el proyecto, el cual que se analizará en éste capítulo.

Ya que el puesto de vigilancia a diseñar es de uso público para que se tenga acceso a los usuarios ante un eventual accidente en la vía del Parque Nacional Cajas, Se toma como servicios base, el colocar un servicio de cámara de vigilancia y otro de servicio de telefonía fija en un punto estratégico de la vía que se comunicará con el puesto de control Quinuas (ver figura 1.3), desde donde se tendrá comunicación hacia el puesto de vigilancia.

#### 2.1 Cámaras de vigilancia

Previsto que nuestro punto de vigilancia se colocará una cámara de vigilancia, destinado para que un usuario utilice dicho puesto se pueda observar tanto a la persona como al lugar que lo rodea en la carretera.

En seguridad y vigilancia podemos encontrarnos con una gran variedad de tipos y modelos de cámaras de seguridad. De forma general, la calidad de la imagen está dada por las características de la cámara.

##### 2.1.1 Tipos de Cámaras de vigilancia

En el mercado existen una gran variedad de cámaras, pero básicamente hay 2 tipos de cámaras de vigilancia [5].

##### Cámaras Análogas

Las cámaras de seguridad analógicas son las que se han usado básicamente en CCTV (Circuito Cerrado de Televisión) y que en la actualidad se siguen usando.

La imagen que sale de la cámara de seguridad es una señal analógica, es decir una señal de corriente alterna que varía en el tiempo con diferente amplitud.

Poseen una salida con impedancia de 75 ohms, es por eso que se requiere el uso de cable Coaxial o UTP con adaptadores de impedancia (Baluns). Hay de varias normas, las más comunes son NTSC o PAL B y pueden ser conectadas directamente a un TV.

Cuando se diagrama un sistema de CCTV con cámaras de seguridad analógicas, hoy en día, lo más clásico es utilizar un DVR (Digital Video Recorder), pero existen muchos otros dispositivos para interconectarlas, como podrían ser multiplexores, secuenciadores, etc.

### **Cámaras IP**

Son cámaras de seguridad pensadas para ser visualizadas mediante internet o desde una red local. Por ejemplo, si tengo una red de computadoras interconectadas entre sí mediante un switch o router, estas cámaras se conectarían como si fuera una computadora más.

Las más clásicas y profesionales poseen un puerto ethernet con terminal Rj45 y se conectan al switch o router mediante cable utp.

También hay cámaras IP inalámbricas, las cuales se conectan a nuestra red WIFI por una antena. Estas últimas cámaras si bien pueden ser efectivas para algunos casos, no entran dentro de la categoría de cámaras de seguridad profesionales debido a que la gran mayoría son de escasa calidad y los enlaces inalámbricos WIFI son muy fáciles de bloquear con un simple jammer (dispositivo que busca interferir las frecuencias entre los 2.402Ghz y los 2.483Ghz, es decir donde trabaja WIFI).

En resumidas cuentas una cámara IP es una cámara analógica que en su salida tiene un conversor que hace digital la imagen.

#### **2.1.2 Ventajas entre tipos de cámaras**

A medida que se amplía la implementación y la comprensión de la gestión de la seguridad a través de redes IP, ésta se convierte en el futuro de la gestión de la seguridad avanzada.

En este sentido, la cámara analógica, muestra una limitada flexibilidad y rendimiento que no satisface las demandas de esta nueva exigencia del mercado por no disponer de gestión y control en la misma red digital.

La migración a sistemas abiertos y el distanciamiento respecto a los DVR, combinado con las ventajas de la conexión en red, la captura y manipulación de imágenes digitales y la inteligencia de las cámaras, supondrán un fuerte impulso para la adopción rápida y continua de la cámara de red digital y de sus múltiples ventajas.

En resumen la gestión, la captura de imágenes y el control de un sistema de cámaras IP es más flexible y útil en cuanto a nivel de redes se trata, que un sistema de cámaras analógicas [6].

## **2.2 Telefonía fija**

Los servicios de Telefonía fija se considera como la comunicación entre dos terminales mediante el transporte de voz en tiempos casi instantáneos entre ambos terminales o al menos el terminal que realiza la llamada que se encuentra conectada a una red de conmutación de telecomunicaciones que se encuentra en un lugar geográficamente fijo, ésta red se conoce como Red Telefónica Conmutada.

La Red Telefónica Conmutada (RTC) [7] es un conjunto ordenado de medios de transmisión y conmutación que facilitan, fundamentalmente, el intercambio de la palabra entre dos clientes mediante el empleo de aparatos telefónicos. El objetivo fundamental de la Red telefónica conmutada es conseguir la conexión entre todos los usuarios de la red, a nivel geográfico local, nacional e internacional.

La telefonía fija puede darse tanto para usos privados como para servicios de uso público, siendo ésta última la que se usará en el proyecto.

Las redes RTC o RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada) están constituidas por ocho elementos fundamentales de telecomunicaciones: la conmutación, señalización, transmisión, gestión, datos, equipos terminales, servicios y tecnologías inalámbricas.

Este servicio asigna a cada abonado un número del plan nacional o internacional de numeración telefónica (habitualmente con vinculación geográfica) y le permite, además de efectuar y recibir llamadas nacionales e internacionales, hacer uso de una serie de servicios adicionales, donde todo este procedimiento se resume en la figura 2.1.

- Acceso a los servicios de emergencia.
- Prestación de asistencia mediante operador.
- Servicios de información (horaria, meteorológica, noticias, sobre números de abonados).
- Servicios suplementarios (contestador, llamada en espera, desvío de llamadas).
- Otras comunicaciones (fax y datos mediante con un módem instalado).

La RTPC está compuesta por ocho elementos fundamentales de telecomunicaciones:

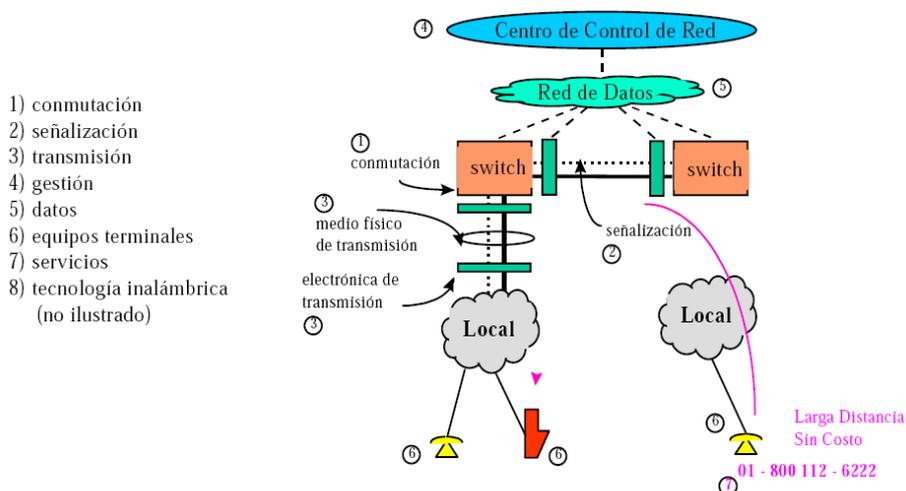


Figura 2.1: Red telefónica pública conmutada [7]P.56

### **2.2.1 Tipos de terminales de Telefonía fija**

#### **Terminales Analógicos**

Estos terminales son los más simples [8], no disponen de display por lo que la interacción con la centralita es mediante códigos (números, \* y #), teniendo como ejemplo la figura 2.2. La centralita, no envía el identificador de llamada, por tanto en terminales analógicos con display no aparecerá (al contrario de los teléfonos inalámbricos que si poseen display). Esta tecnología permite el uso de equipos adicionales (otro terminal con el mismo número de extensión) que por lo general se dispondrán en la misma dependencia.



Figura 2.2: Terminal analógico [8]

#### **Terminales Digitales**

Estos terminales son más complejos con mayor número de aplicaciones que los terminales analógicos. Ofrece entre otros servicios, la función jefe-secretaria, dispone de display e identificador de llamada, además de teclas que se configuraran por parte del administrador de la centralita. Comparte los mismos servicios que los terminales analógicos, incrementados por las características específicas del terminal y del tipo de extensión digital [8].

### **Terminales IP**

Estos terminales ofrecen entre otros servicios, telefonía a través de la red de datos, lo que nos permite utilizar una misma toma para voz y datos. La gestión de este tipo de teléfonos se realiza desde un Servidor de VoIP, enlazado con las centralitas del sistema, dándole la aplicación de que los servicios sean similares a los de los teléfonos digitales, y en su caso mejorarlos y hasta gestionar con la obtención de datos estadísticos de tráfico en la red [8].

#### **2.2.2 Telefonía VoIP**

La Voz sobre IP (VoIP, Voice over IP) es una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos. La Telefonía IP es una aplicación inmediata de esta tecnología, de forma que permita la realización de llamadas telefónicas ordinarias sobre redes IP u otras redes de paquetes utilizando un PC, gateways y teléfonos estándares. En general, servicios de comunicación - voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz - que son transportados vía redes IP, Internet normalmente, en lugar de ser transportados vía la red telefónica convencional. La VoIP (Voz sobre IP) es la tecnología empleada para enviar información de voz en forma digital en paquetes a través de los protocolos de Internet, en vez de hacerlo a través de la red de telefonía habitual, además es una tecnología de telefonía que puede ser habilitada a través de una red de datos de conmutación de paquetes.

Con VoIP podemos conseguir:

- Acceso a las redes corporativas desde pequeñas sedes a través de redes integradas de voz y datos conectadas a sucursales.
- Directorios corporativos basados en la Intranet con servicios de mensajes y números personales para quienes deben desplazarse.
- Servicios de directorio y de conferencias basadas en gráficos desde un terminal de sobremesa.

- Redes privadas y gateways virtuales gestionados para voz que sustituyen a las Redes Privadas Virtuales (VPN).

### **2.2.3 Telefonía Convencional vs IP**

Así es como funciona una llamada típica en un sistema de telefonía convencional

1. Se levanta el teléfono y se escucha el tono de marcado esto deja saber que existe una conexión con el operador local de telefonía
2. Se marca el número de teléfono al que se desea llamar.
3. La llamada es transmitida a través del conmutador (switch) de su operador apuntando hacia el teléfono marcado.
4. Una conexión es creada entre tu teléfono y la persona que se está llamando, entremedio de este proceso el operador de telefonía utiliza varios conmutadores para lograr la comunicación entre las 2 líneas.
5. El teléfono timbra a la persona que estamos llamando y alguien contesta la llamada.
6. La conexión abre el circuito.
7. Uno habla por un tiempo determinado y luego cuelga el teléfono.
8. Cuando se cuelga el teléfono el circuito automáticamente es cerrado, de esta manera liberando la línea y todas las líneas que intervinieron en la comunicación.

Ahora, para definir cómo funciona una comunicación en un entorno VoIP, vamos a suponer que las dos personas que se quieren comunicar tienen servicio a través de un proveedor VoIP y los dos tienen sus teléfonos analógicos conectados a través de un adaptador digital-analógico llamado ATA.

Así funcionaría una comunicación mediante Telefonía VoIP entre estos 2 teléfonos:

1. Se levanta el teléfono, lo que envía una señal al conversor analógico-digital llamado ATA.
2. El ATA recibe la señal y envía un tono de llamado, esto deja saber que ya se tiene conexión a internet o la red local.
3. Se marca el número de teléfono de la persona que se desea llamar, los números son convertidos a digital por el ATA y guardados temporalmente.
4. Los datos del número telefónico son enviados a su proveedor de VoIP. Las computadoras de su proveedor VoIP revisan este número para asegurarse que está en un formato válido.
5. El proveedor determina a quien corresponde este número y lo transforma en una dirección IP.
6. El proveedor conecta los dos dispositivos que intervienen en la llamada. En la otra punta, una señal es enviada al ATA de la persona que recibe la llamada para que este haga sonar el teléfono de la otra persona.
7. Una vez que la otra persona levanta el teléfono, una comunicación es establecida entre su computadora y la computadora de la otra persona. Esto significa que cada sistema está esperando recibir paquetes del otro sistema. En el medio, la infraestructura de internet o la red local maneja los paquetes de voz, donde la comunicación ocurre de la misma forma que se haría con un email o con una página web. Cada sistema debe estar funcionando en el mismo protocolo para poder comunicarse. Los sistemas implementan dos canales, uno en cada dirección.
8. Se habla por un período de tiempo. Durante la conversación, su terminal y el terminal de la persona que se está llamando transmiten y reciben paquetes entre sí.
9. Cuando se termina la llamada, se cuelga el teléfono. En este momento el circuito es cerrado.
10. El ATA envía una señal al proveedor de Telefonía IP informando que la llamada ha sido concluida.

#### **2.2.4 Ventajas y Desventajas de VoIP**

##### **Ventajas de VoIP**

La primera ventaja y la más importante es el coste de la tecnología, una llamada mediante VoIP es mucho más barata que su equivalente en telefonía convencional. Esto es básicamente debido a que se utiliza la misma red para la transmisión de datos y voz, la telefonía convencional tiene costos fijos que la telefonía IP no tiene, de ahí que ésta es más barata. Usualmente para una llamada entre dos teléfonos IP la llamada es gratuita, cuando se realiza una llamada de un teléfono IP a un teléfono convencional el costo corre a cargo del teléfono IP.

Con VoIP se puede realizar una llamada desde cualquier lado que exista conectividad a Internet o a la red local. Dado que los teléfonos IP transmiten su información a través de Internet estos pueden ser administrados por su proveedor desde cualquier lugar donde exista una conexión. Esto es una ventaja para las personas que suelen viajar mucho, estas personas pueden llevar su teléfono consigo siempre que se tenga acceso a su servicio de telefonía IP.

VoIP viene con varias características que los teléfonos regulares tienen también. Pero éste les ofrece por un precio de VoIP al mismo tiempo les ofrece de forma gratuita. Si se está usando un teléfono regular, y se quiere actualizar a fin de que haya transferencia de llamadas, correo de voz y llamada en espera entonces se tiene que pagar cargos adicionales para su instalación. Con el VoIP estas características ya vienen con el sistema sin costo alguno [9].

##### **Desventajas de VoIP**

La VoIP requiere conexión eléctrica. Es necesario tener energía eléctrica para que VoIP funcione. Con la telefonía convencional éste problema no se da ya que la energía la cogen de la electricidad que fluye a través de la red telefónica, por lo que si hay un corte de energía y no tenemos el servidor

conectado a algún sistema de respaldo de energía podemos quedarnos sin telefonía.

Dado que VoIP utiliza una conexión de red, la calidad del servicio se ve afectado por la calidad de esta línea de datos, esto quiere decir que la calidad de una conexión VoIP se puede ver afectada por problemas como la alta latencia (tiempo de respuesta) o la pérdida de paquetes. Las conversaciones telefónicas se pueden ver distorsionadas o incluso cortadas por este tipo de problemas. Es indispensable para establecer conversaciones VoIP satisfactorias contar con una cierta estabilidad y calidad en la línea de datos [9].

### **2.2.5 Protocolos de VoIP**

Los protocolos son los lenguajes que utilizarán los distintos dispositivos VoIP para su conexión. Esta parte es importante ya que de ella dependerá de la eficacia, la complejidad y la sincronización de la comunicación. Vamos a ver los 3 protocolos, más extendidos en VoIP:

- Protocolo SIP
- Protocolo SCCP
- Protocolo H.323
- Protocolo IAX

## Protocolo SIP

El propósito de SIP es la comunicación entre dispositivos multimedia. SIP hace posible esta comunicación gracias a dos protocolos que son RTP1 /RTCP y SDP. El protocolo RTP se usa para transportar los datos de voz en tiempo real, mientras que el protocolo SDP se usa para la negociación de las capacidades de los participantes, tipo de codificación, etc. SIP fue diseñado de acuerdo al modelo de Internet. Es un protocolo de señalización de extremo a extremo que implica que toda la lógica es almacenada en los dispositivos finales (salvo el enrutado de los mensajes SIP). El estado de la conexión es también almacenado en los dispositivos finales. El precio a pagar por esta capacidad de distribución y su gran escalabilidad es una sobrecarga en la cabecera de los mensajes producto de tener que mandar toda la información entre los dispositivos finales, como se ilustra en la figura 2.3 [9].

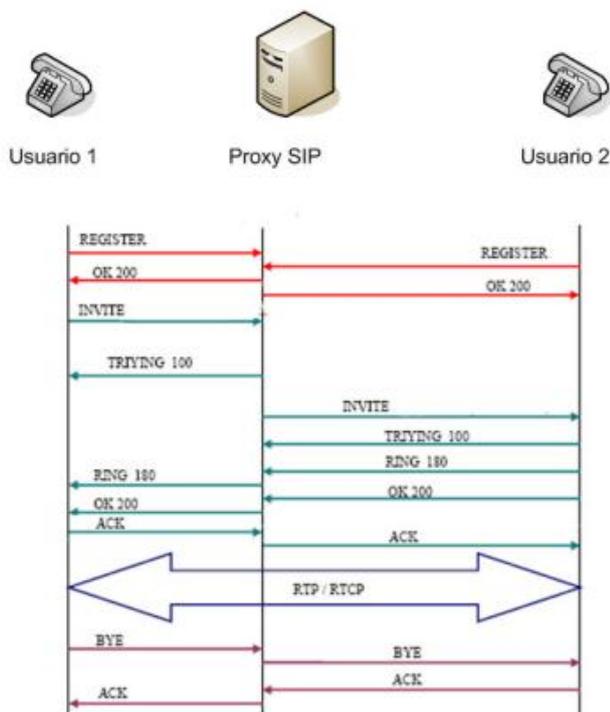


Figura 2.3: Llamada en protocolo SIP [9]P.17

### **Protocolo H.323**

H.323 es utilizado comúnmente para Voz sobre IP y para videoconferencia basada en IP. Es un conjunto de normas ITU para comunicaciones multimedia que hacen referencia a los terminales, equipos y servicios estableciendo una señalización en redes IP. No garantiza una calidad de servicio, y en el transporte de datos puede, o no, ser fiable; en el caso de voz o vídeo, nunca es fiable. Además, es independiente de la topología de la red y admite gateways, permitiendo usar más de un canal de cada tipo (voz, vídeo, datos) al mismo tiempo. H.323 está definido de tal manera que las empresas que manufacturan los equipos pueden agregar sus propias especificaciones al protocolo y pueden definir otras estructuras de estándares que permiten a los dispositivos adquirir nuevas clases de características o capacidades.

#### **2.2.6 Codec's y Anchos de Banda**

- ✓ La codificación de voz es la conversión de la señal de voz a una secuencia binaria o representación digital.
- ✓ La codificación conlleva un proceso de muestreo y cuantificación.
- ✓ Mediante el muestreo discretizamos la señal en tiempo.
- ✓ Mediante la cuantificación discretizamos la señal en Amplitud.
- ✓ Para evitar pérdidas debemos muestrear la señal a una velocidad que como mínimo sea el doble de la frecuencia.

Puede ser clasificado en 2 categorías a saber:

- Codificación por Analisis-Síntesis (analysis-synthesis coding) y Codificación por forma de onda (waveform coding). Los conceptos usados por cada uno de ellos son muy diferentes.
- En waveform coding system, se hace un intento por preservar las formas de onda de la señal original. En este sistema de codificación la señal de voz es muestreada y cada muestra es codificada y transmitida. En el receptor la señal de voz es reproducida desde las muestras decodificadas.

Dentro de planificación de capacidad, el cálculo de ancho de banda es un factor importante a considerar en el diseño y solución de problemas de

paquetes de redes de voz para una buena calidad de la misma; para lo cual cada códec posee un ancho de banda establecido como se muestra en la figura 2.4 [7].

Información de codec			
Codec & bit rate (Kbps)	Tamaño de la muestra	Intervalo de la muestra	Mean opinion score
G.711 (64 Kbps)	80 bytes	10 ms	4.1
G.729 ( 8Kbps)	10 bytes	10 ms	3.92
G.723.1 (6.3 Kbps)	24 bytes	30 ms	3.9
G.723.1 (5.3 Kbps)	20 bytes	30 ms	3.8
G.726 (32 Kbps)	20 bytes	5 ms	3.85
G.726 (24 Kbps)	15 bytes	5 ms	
G.728 (16 Kbps)	10 bytes	5 ms	3.61

Figura 2.4: Anchos de banda según el códec [7]

### 2.3 Tecnologías de Acceso: Últimas Millas

Las conexiones de últimas millas para un sistema de telecomunicaciones es la conexión entre el usuario final y la estación local/central/hub. Siendo ésta la que indica el tipo de equipo que se usará en la instalación, siendo estas alámbricas o inalámbricas.

Siempre es bueno conocer la selección de la tecnología ya que ésta condiciona los servicios que se pueden ofrecer como es:

- el ancho de banda.
- el monto de inversión.
- los costos de operación y de venta.

#### 2.3.1 Tipos de tecnologías de Acceso

Específicamente para el proyecto se considera que en la ubicación del Parque posee con una gran cantidad de accidentes geográficos (montañas, lomas, lagos, curvas, etc.), por lo que el acceso por redes inalámbricas es limitado y por redes alámbricas está muy alejado entre sus puntos de control.

Para esto se hace un análisis exhaustivo sobre el tipo de tecnología de última milla [10] haciendo uso de Google Earth tal como se lee en la figura 2.5.

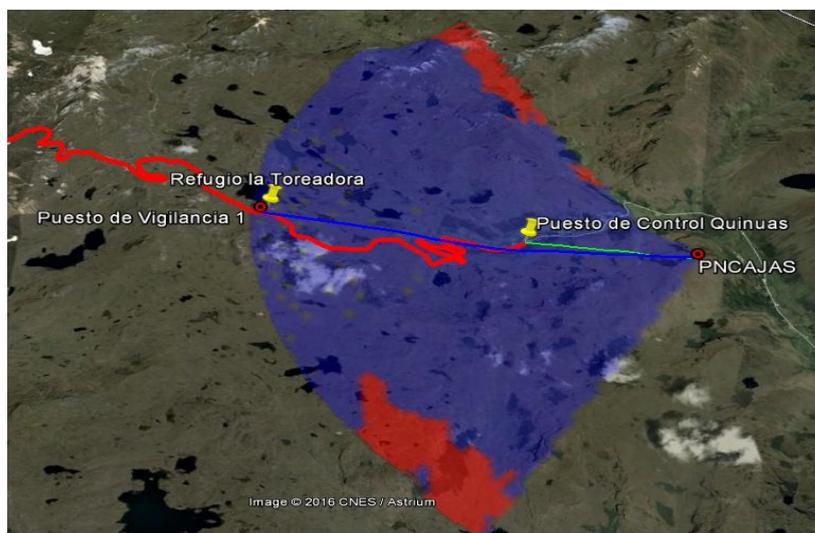


Figura 2.5: Topografía de la red

**Tecnologías Alámbricas:**

- Redes de Acceso por par de Cobre (xDSL, Modems)
- Redes de Acceso por Cable Coaxial
- Redes híbridas de fibra y cable (HFC).
- Acceso Fijo por Red eléctrica (PLC).
- Redes de Acceso por Fibra óptica (FTTx, PON, EFM , otros).

**Tecnologías Inalámbricas:**

- Bucle inalámbrico (WiLL o Wireless Local Loop, LMDS, MMDS).
- Redes MAN/LAN inalámbricas (WLAN, Wi-Fi, WiMAX, HiperLAN2).
- Comunicaciones móviles de segunda, tercera y cuarta generación (CDMA, GSM, UMTS, 3G, LTE 4G).
- Óptica por Aire (HAPs, FSO).
- Redes de acceso por satélite.
- Televisión digital terrestre (TDT).

## 2.4 Redes de Transporte

La red de transmisión de datos o red de transporte es la transferencia física de datos (un flujo digital de bits) por un canal de comunicación punto a punto o punto a multipunto. Ejemplos de estos canales son cables de par trenzado, fibra óptica, los canales de comunicación inalámbrica y medios de almacenamiento. Los datos se representan como una señal electromagnética, una señal de tensión eléctrica, ondas radioeléctricas, microondas o infrarrojos donde estos pueden darse de diversa forma [10].

### CAPA 1

- Redes SDH.
- Redes ópticas transparentes (OTH).
- Cobre, Microondas y otros medios.

### CAPA 2

- Redes ATM.
- Redes Frame Relay.
- Redes basadas en Ethernet.

### CAPA 3

- Redes Basadas en IP, IP/MPLS.

## CAPÍTULO 3

### 3 DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1 Requerimientos para el diseño del proyecto

Los materiales y herramientas necesarias para la implementación del proyecto se darán a continuación y pueden ser catalogadas como hardware o software para el control y gestión del mismo. De lo explicado en el capítulo anterior se usará los terminales y redes o infraestructura que facilite la gestión (acceso a equipos, configuración y solución de problemas de forma remota) desde el puesto de vigilancia.

##### 3.1.1 Equipos terminales

###### Cámaras de seguridad y Vigilancia IP

Según lo previsto en el capítulo 2 donde se mostraron las diferentes opciones con respecto de cámaras, se elige cámaras IP por la facilidad y flexibilidad que estos dispositivos brindan en cuanto a redes de datos y para el proyecto se usa una cámara IP tipo domo de marca Linksys y modelo LCAD03VLNOD-EU, el cual tiene características de uso de externo (véase anexo) según se ilustra en la figura 3.1 [11].



Figura 3.1: Cámara de seguridad [11]

### **Terminal VoIP**

Al analizar los distintos tipos de terminales de VoIP, también se debe especificar que el terminal a usarse no necesariamente es IP, ya que puede ser un teléfono analógico conectado a un ATA (Adaptador de teléfono analógico, que sirve para conectar un teléfono analógico a un sistema de telefonía digital o IP).

Más adelante se indicará que no es necesario utilizar un terminal IP, ya que el router a usarse, posee el ATA incluido, para este tipo de servicio.

Además se debe considerar que el terminal estará colocado en una caseta, que posea las protecciones contra el clima que posee el Parque, similar a la figura 3.2 [12].



Figura 3.2: Terminal telefónico IP para exteriores [12]

### **3.1.2 Acceso de última milla**

Para el proyecto se considera que se pueda expandir a varios puntos de vigilancia, los cuales serían conectados a un punto en común, siendo dicho punto un nodo que lo llamaremos PNCAJAS.

Siendo lo más efectivo posible para ésta conexión común, el uso de sistemas de tecnología tipo Punto-Multipunto o PMP para facilitar el menor uso de antenas en nuestra red y tomando en cuenta la situación geográfica del carretero del parque.

Existen muchos modelos de antenas y puntos de acceso PMP, sin embargo se ha seleccionado las radios de marca Cambium Networks, por su facilidad de adquisición en el mercado local. Esta marca posee un modelo de punto de acceso llamado PMP 450 el cual facilitará como acceso a la red y como equipos de última milla.

A continuación se detalla los modelos sugeridos:

#### **PMP 450 Punto de Acceso**

El Cambium Network PMP 450 es una plataforma de red de acceso inalámbrico la cual es ideal para los WISP (proveedores de servicios inalámbricos), empresas y el sector de Seguridad Pública del Gobierno.

En este punto aprovechamos el diseño para aplicaciones en exteriores fijo, ya que es muy útil en lugares con clima como en el Parque Nacional Cajas donde se tienen problemas de difracción y atenuación por la neblina.

Dispone de las bandas 2.4, 3.5, 3.65 y 5 GHz. Por disponer de 3.5 GHz como una banda licenciada es más fácil realizar nuestro enlace y el cual se puede tener hasta 138 suscriptores por modelo AP, con anchos de banda de 20, 10 y 5 MHz o a su vez 4, 10, 20 y hasta menos de 90 Mbps por suscriptor

El PMP 450 Punto de Acceso (AP) (figura 3.3) proporciona opciones de implementación flexibles que lo convierten en una excelente opción para la alta capacidad, redes de alta fiabilidad. Siendo el módulo PMP 450 AP

nuestro punto de común el cual se colocará en el nodo de acceso PNCAJAS, como se ilustra en la figura 3.4 [13]:



Figura 3.3: PMP 450 AP [13]



Figura 3.4: Ubicación del nodo PNCAJAS

### **PMP Modulo Suscriptor (SM)**

El PMP450 modelo suscriptor (SM) (figura 3.5 [14]) es el equipo que irá colocado en el punto de vigilancia (figura 3.6) siendo estos conectados vía inalámbrica con el modelo PMP 450 AP.

Y al igual que el modelo AP usa las mismas bandas de frecuencia, siendo 3.5 GHz la frecuencia a usarse y posee su antena integrada, la cual se conecta mediante un POE (Power Over Ethernet) hacia un router o módem donde se entregarán los servicios. Además posee un alcance de 5 Km sin Clip (amplificador pasivo de 8dB que le da un alcance de hasta 8 o 10Km).

Además se debe conocer que los sistemas de instalación de software son gratuitos y fáciles de configurar para redes locales o de redes rurales, y las configuraciones pueden ser accedidas directo en las radios.

Estos módulos se colocarán en el o los puntos de vigilancias dentro del carretero del Parque Nacional Cajas, como se muestra en las figuras 3.7 y 3.8 y en la tabla 2.



Figura 3.5: PMP 450 SM (equipo suscriptor) [14]



Figura 3.6: Ubicación del Puesto de Vigilancia



Figura 3.7: Ubicación de más puntos de vigilancia



Figura 3.8: Posibles puestos de Vigilancia

	Latitud	Longitud
Puestos de Vigilancia 1	2°47'3.07"S	79°13'22.51"O
Puestos de Vigilancia 2	2°46'39.15"S	79°14'28.66"O
Puestos de Vigilancia 3	2°47'11.04"S	79°12'17.85"O

Tabla 2: Coordenadas de los posibles Puestos de Vigilancia

### (Router) CnPilot Home & Business R200p y R201p

En cuanto al punto de vigilancia tendrá varios servicios en una sola ubicación, como es el caso de cámaras y telefonía IP, por lo que se debe tener un router el cual recepte los circuitos lógicos que se crearán para cada servicio, esto significa que el router entregará los servicios hacia cada equipo final o terminal.

El cnPilot [15] integra el router 802.11ac o 802.11n(WIFI), un ATA para conectar el teléfono y fax, y PoE de Cambium que permite a los módulos de abonado PMP 450 SM conectarse sin necesidad de un tomacorrientes y 4 puertos LAN para la o las cámaras(figura 3.9). La diferencia entre uno y otro es que el R2001p si posee el estándar 802.11ac (Wifi en 5Ghz) mientras que el R200p no.

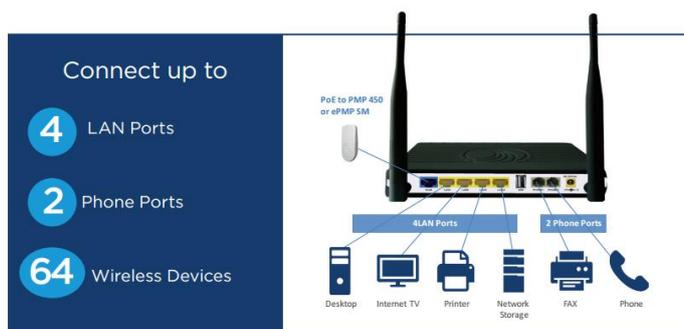


Figura 3.9: Router de los puestos de vigilancia

Adicional se indica que en la creación de servicios además de usarse una cámara y telefonía IP podría ofrecerse servicio de internet si el proyecto fuese a ampliarse, ya que posee antenas para servicios WIFI.

### 3.1.3 Equipos adicionales

#### Poe's

Power over Ethernet [16] como sus siglas indican, son dispositivos que actúan como alimentadores de voltaje o suministradores de energía eléctrica para dispositivos de red como switch, AP's, Router, teléfonos o cámaras IP, etc.

Para el proyecto se necesitará de un PoE por puesto de vigilancia, para energizar las cámaras IP o los teléfonos IP como se muestra en la figura 3.10.

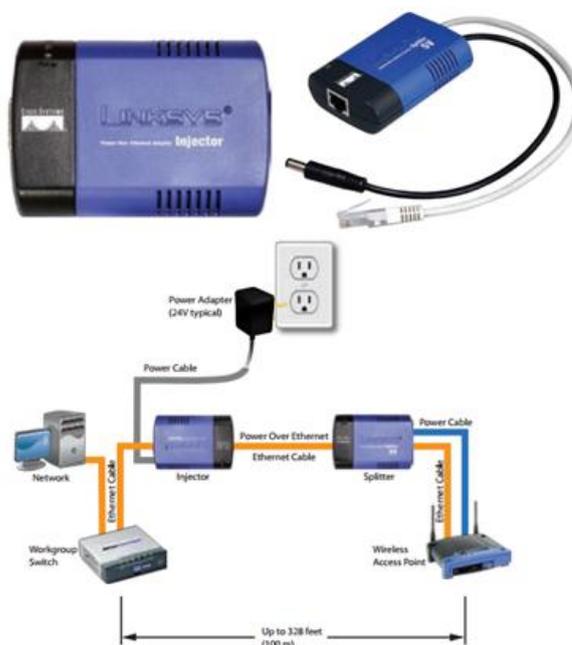


Figura 3.10: Equipos Power over Ethernet [16]

### 3.2 Software

El software de gestión de las radios PMP 450, es vía web, usando un explorador de internet, colocando la IP de la radio, siempre y cuando el pc desde el cual se desea acceder este dentro de la misma red local de las radios ilustrado en las figuras 3.11 y 3.12.

The screenshot displays the Cambium Networks web interface. On the left is a navigation menu with options like Home, Configuration, Statistics, Tools, Logs, Accounts, Quick Start, Copyright, and Logout. The main content area shows the 'General Status' page for a device identified as '5.7GHz MIMO OFDM - Access Point - 0a-00-3e-a0-01-75'. The page is divided into several sections:

- Device Information:** Lists details such as Device Type (5.7GHz MIMO OFDM - Access Point - 0a-00-3e-a0-01-75), Software Version (CANOPY 12.0.2 AP-AES), Board Type (P12), Combo Radio Mode (MIMO OFDM Only), FPGA Version (120512), FPGA Type (C200), PLD Version (16), Uptime (21:54:59), System Time (22:14:22 01/01/2011 UTC), Last NTP Time Update (00:00:00 00/00/0000 UTC), Ethernet Interface (100Base-TX Full Duplex), Regulatory (Passed), Channel Center Frequency (5735 MHz), Channel Bandwidth (20.0 MHz), Cyclic Prefix (1/16), Color Code (0), Max Range (2 Miles), Transmitter Output Power (16 dBm), and Temperature (39 °C / 103 °F).
- Access Point Stats:** Shows Registered SM Count (1), GPS Sync Pulse Status (Generating Sync), and Maximum Count of Registered SMs (1).
- Frame Configuration Information:** Shows Data Slots Down (60), Data Slots Up (20), and Control Slots (4).
- Site Information:** Shows Site Name, Site Contact, and Site Location, all currently set to 'No Site Name', 'No Site Contact', and 'No Site Location' respectively.
- Key Features Information:** Shows Time Updated and Location Code (12/11/2012 22:09:34 - INTL).

Figura 3.11: Software en línea para equipos PMP

The screenshot shows the network configuration interface for two interfaces:

- LAN1 Network Interface Configuration:**
  - IP Address: 169.254.1.1
  - Subnet Mask: 255.255.0.0
  - Gateway IP Address: 169.254.0.0
  - DHCP state:  Enabled,  Disabled
  - DNS IP Address:  Obtain Automatically,  Set Manually
  - Preferred DNS Server: 0.0.0.0
  - Alternate DNS Server: 0.0.0.0
  - Domain Name: example.com
- LAN2 Network Interface Configuration (Radio Private Interface - Must end in .1):**
  - IP Address: 192.168.101.1

Figura 3.12: Configuración de equipos

### 3.3 Infraestructura

En el proyecto se considera que el nodo PNCajas debe tener la infraestructura necesaria para un enlace Punto-Multipunto, lo que significa que nuestro PMP 450 AP debe ser colocado en un mástil de mínimo 12mts para tener línea de vista con los equipos suscriptores PMP 450 SM dentro del rango de cobertura.

Además se debe pedir los permisos para la instalación de postes de energía eléctrica a la empresa respectiva, hacia el cerro donde estará nuestro nodo.

Se colocará un pequeño rack outdoor de marca Huawei y modelo: TP48120A-HD09A1 para la colocación de baterías y elementos de energización en el nodo (figura 3.13)

En el punto de vigilancia donde se colocarán tanto el equipo suscriptor PMP 450 SM como los equipos terminales con su respectiva protección ante el clima, es decir una pequeña caseta y el poste para la cámara Linksys, recordando que básicamente se está realizando una red local dentro del Parque Nacional Cajas.



Figura 3.13: Rack Outdoor

### 3.4 Diseño de la Red

Una vez identificado los materiales y elementos a usarse en el proyecto, es necesario definir como estará constituida nuestra red Punto-Multipunto desde el punto de vista técnico. Para la cual se plantea usar una simulación a través del software Link Planner versión 4.3.8, con el que se logra calcular los datos necesarios para el proyecto, es decir un presupuesto de enlace (Link Budget), el cual se muestra en la figura 3.14.

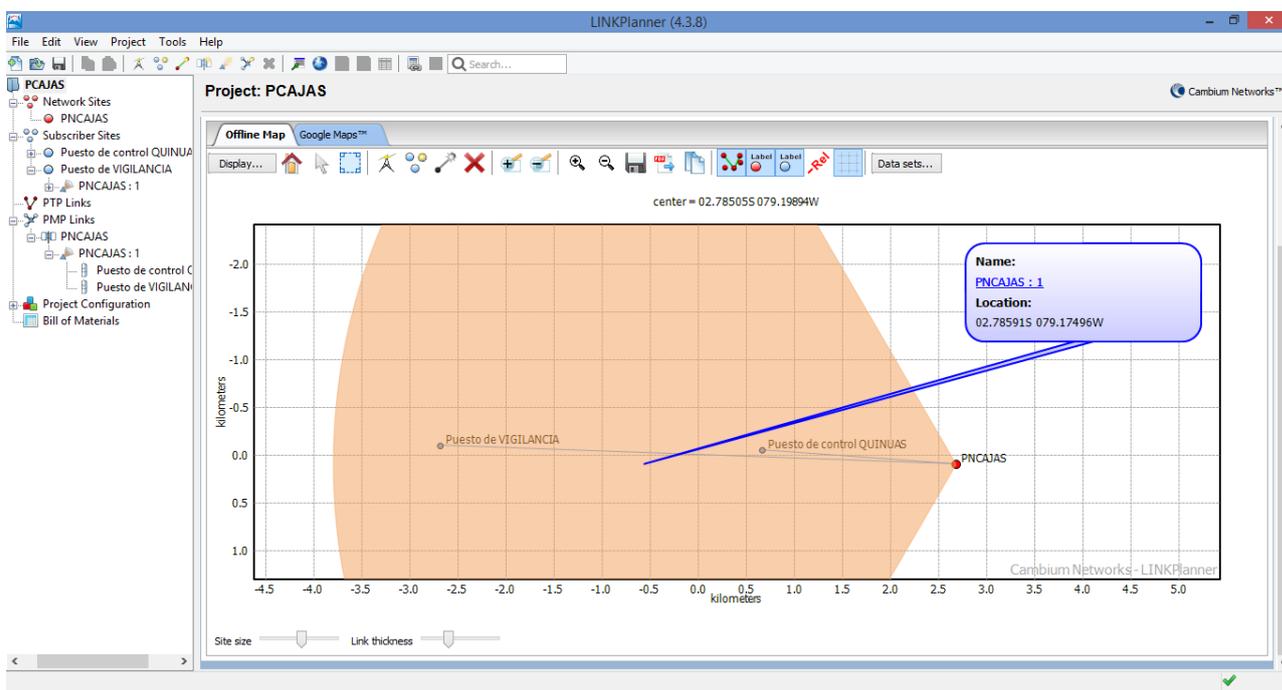


Figura 3.14: Simulación con LinkPlanner versión 4.3.8

En un inicio en la simulación se coloca las coordenadas de los puntos a estudiarse y en segunda instancia asignarles los valores conocidos como son: la altura de las antenas, frecuencia a la cual trabajaran, ancho de banda en MHz, velocidad de transmisión en Mbps, simetría del enlace, rangos de alcance en metros o millas, potencias deseadas.

Para finalizar se genera un reporte con los cálculos realizados por el simulador, con lo se consigue para el nodo PNCAJAS una configuración como Access Point ilustrado en la figura 3.15.

Physical Installation Notes for AP PNCAJAS : 1	
Latitude	02.78591S
Longitude	079.17496W
Platform Variant	3.5 GHz PMP-450
Antenna Type	Cambium Networks 90° 3 GHz Sector Antenna
Antenna Beamwidth	90.0°
Antenna Gain	16.0 dBi
Antenna Height	12.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	0.0° (uptilt)
Antenna Azimuth	270.00° from True North Unknown° from Magnetic North
Magnetic Declination	Unknown
Cable Loss	0.7 dB
Radio Commissioning Notes for AP PNCAJAS : 1	
Device Setting	AP
Sync Input	AutoSync
Region	Other
Country	Other
Latitude	02.78591S
Longitude	079.17496W
Height	12.0 m (39 ft)
Channel Bandwidth	20 MHz
Radio Commissioning Notes for AP PNCAJAS : 1 (continued)	
Cyclic Prefix	1/16
Frame Period	2.5 ms
Color Code	0
Max Range	10 miles
Downlink Data	50 %
Contention Slots	3
Broadcast Repeat Count	0
Transmit Power	22.0 dBm
External Gain	15.3 dBi
SM Receive Target Level	-37 dBm
Adjacent Channel Support	Disabled

Figura 3.15: Link Budget en nodo PNCAJAS

Mientras que para los enlaces desde PNCAJAS hacia el puesto de control Quinuas y el puesto de vigilancia, se los configura como equipos suscriptores y los resultados se muestran en la figura 3.16 desde el nodo hacia el puesto de vigilancia y en la figura 3.17 hacia el puesto de control.

Summary	
AP Name	PNCAJAS : 1
SM Name	PUESTO VIGILANCIA
Link Type	No Profile
AP Equipment Type	PMP450 (running Release 14.1.1)
SM Equipment Type	PMP450 (running Release 14.1.1)
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	5.336 kilometers
Free Space Path Loss	117.75 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
RF Frequency Band	3.5 GHz (3300 to 3600 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Downlink Data	50 %

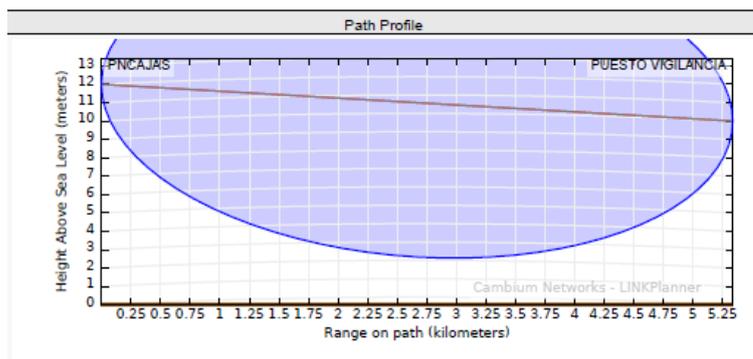


Figura 3.16: Link Budget hacia el Puesto de Vigilancia

Summary	
AP Name	PNCAJAS : 1
SM Name	QUINUAS
Link Type	No Profile
AP Equipment Type	PMP450 (running Release 14.1.1)
SM Equipment Type	PMP450 (running Release 14.1.1)
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	2.009 kilometers
Free Space Path Loss	109.26 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
RF Frequency Band	3.5 GHz (3300 to 3600 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Downlink Data	50 %

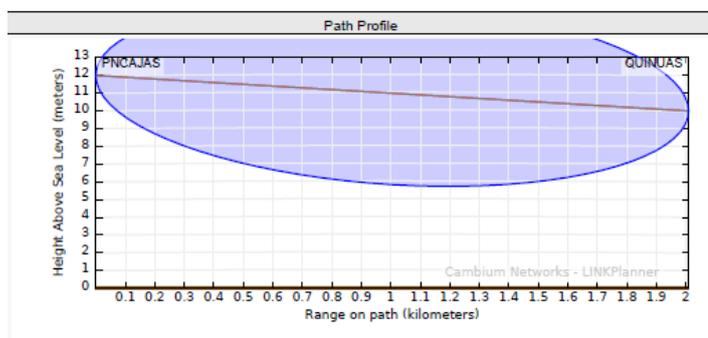


Figura 3.17: Link Budget hacia el puesto de control Quinquas

### 3.5 Resumen de materiales del proyecto

En líneas generales para el proyecto se necesitarán los equipos detallados a continuación para su posterior análisis financiero, el cual nos indicará la rentabilidad de la inversión (tabla 3).

<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (usd)</b>
Cámara Linksys LCAD03VLNOD con PoE	1	895,49
PMP 450 Access Point	1	2895,00
PMP 450 Equipo Suscriptor	2	219,00
Router CnPilot R200p	2	80,95
Terminal VoIP	2	100,00
Computador de escritorio	1	400,00
Mástil y equipos complementarios	1	800,00
Rack outdoor Huawei TP48120A-HD09A1	1	
UPS huawei	1	300,00
Poste para cámara linksys	1	150,00
Infraestructura general	1	400,00

Tabla 3: Materiales del proyecto

## CAPÍTULO 4

### 4 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Desde la perspectiva de rentabilidad del proyecto, se evaluará desde el punto de vista financiero, verificando la factibilidad del mismo realizando los cálculos necesarios que implican valores de inversiones y costos.

Considerando que el proyecto sería vendido y manejado por la empresa administradora del parque, ETAPA, la cual al ser una entidad pública consideraría el proyecto como una inversión para mejora del Parque.

#### 4.1 Inversiones Generales

De acuerdo con lo previsto en el capítulo 3 donde se establecen los equipos a usarse, siendo éstos: equipos terminales, de última milla, de energización o infraestructura el cual establece los valores de inversión total.

De este modo se plantea que la empresa municipal ETAPA realizaría un préstamo a una entidad bancaria, para un período de 5 años. Siendo el Banco del Pacífico una de ellas, el cual ofrece tasas de entre 8,14% y 9,33% usando el sistema del Banco Central del Ecuador para Inversión Pública, como lo indica la figura 4.1 [17] a la fecha de febrero del 2016.

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR		
SISTEMA DE TASAS DE INTERÉS		
Para el período desde 2016-01-01 hasta el 2016-01-31		
Segmento de Crédito	Activa Referencial	Activa Máxima
Productivo Corporativo	9.32%	9.33%
Productivo Empresarial	9.53%	10.21%
Productivo PYMES	11.80%	11.83%
Comercial Ordinario	9.58%	11.83%
Comercial Prioritario Corporativo	9.15%	9.33%
Comercial Prioritario Empresarial	10.00%	10.21%
Comercial Prioritario PYMES	11.26%	11.83%
Consumo Ordinario	16.25%	17.30%
Consumo Prioritario	16.10%	17.30%
Educativo	7.14%	9.50%
Inmobiliario	10.88%	11.33%
Vivienda de Interés Público	4.98%	4.99%
Microcrédito Minorista	27.96%	30.50%
Microcrédito acumulación simple	25.50%	27.50%
Microcrédito de Acumulación Ampliada	22.13%	25.50%
Inversión Pública	8.14%	9.33%

Figura 4.1: Tasas de interés [17]

La inversión se encuentra dividida en los tres sectores a usarse dentro del proyecto, siendo estos el punto de vigilancia (tabla 5), el nodo PNCAJAS (tabla 4) y el puesto de control Quinuas (tabla 6).

Inversiones del Nodo PNCAJAS				
Elemento	Cantidad	Valor Unitario	Tasas salida de divisas y aranceles	Valor Total
PMP 450 AP	1	2895,00	1,5	4.342,50
Mástil 12mts	1	800,00	-	800,00
Instalación del mástil	1	500,00	-	500,00
Rack outdoor huawei	1	4000,00	-	4.000,00
UPS huawei	1	300,00	-	300,00
Cableado e instalación de equipos	1	200,00	-	200,00
Total				10.142,50

Tabla 4: Inversiones del Nodo PNCAJAS

Inversión del Punto de Vigilancia				
Elemento	Cantidad	Valor Unitario	Tasas salida de divisas y aranceles	Valor Total
PMP 450 SM	1	219,00	-	219,00
Cámara Linksys LCAD03VLNOD	1	895,49	1,5	1.343,24
Router CnPilot R200p	1	80,95	-	80,95
Terminal VoIP	1	250,00	-	250,00
Mano de obra (caseta instalación postes)	1	400,00	-	400,00
Poste para cámara y antena	1	150,00	-	150,00
Instalación de Equipos	1	200,00	-	200,00
Total				2.643,19

Tabla 5: Inversión del Punto de Vigilancia

Inversión del Puesto de control Quinuas				
Elemento	Cantidad	Valor Unitario	Tasas salida de divisas y aranceles	Valor Total
PMP 450 SM	1	219,00	-	219,00
Router CnPilot R200p	1	80,95	-	80,95
Terminal VoIP	1	100,00	-	100,00
Instalación de Equipos	1	100,00	-	100,00
Computador de escritorio	1	700,00	-	700,00
Total				1.199,95

Tabla 6: Inversión del Puesto de control Quinuas

Resumiendo la información antes detallada se obtuvo un valor para la inversión total en la tabla 7.

INVERSIÓN TECNOLOGIA	
Inversiones del Nodo PNCAJAS	\$ 10.142,50
Inversión del Punto de Vigilancia	\$ 2.643,19
Inversión para el Punto de Control Quinuas	\$ 1.199,95
Total de la inversión	\$ 13.985,635

Tabla 7: Resumen de Inversiones del proyecto

El valor de 1,5 hace referencia del 5% de la salida de divisas y el 45% de tasas arancelarias para la importación de equipos electrónicos, de ahí se obtiene dicho valor.

## 4.2 Costos Generales

### 4.2.1 Costos de Operatividad

Identificando los costos de operatividad del proyecto, debemos aclarar que los servicios al ser en su totalidad redes IP, se considera que el costo para los servicios tanto de telefonía como de video son muy bajos, ya que los servicios mencionados utilizan la misma red de transporte tanto para voz como para datos. Sin embargo se deben contar con costos de operación que esencialmente son servicios básicos y un mantenimiento que deberá ser de forma semestral, donde incluyen los elementos básicos a cambiarse de ser necesarios.

Adicional se indica que el costo para la regularización de los enlaces multipunto en 3,5Ghz tiene un valor de \$14 por un tiempo de habilitación de 5 años según indica la Arcotel mostrado en la tabla 8.

Servicios	Valor mensual	Veces al Año	Valor Anual
Electricidad	\$ 80,00	12	\$ 960,00
Mantenimiento	\$ 300,00	2	\$ 600,00
Regularización de Enlaces	\$ 0,23	12	\$ 2,80
Total de Costos anuales			\$ 1.362,80

Tabla 8: Costo operativo anual del proyecto

El costo anual por regularización de enlaces corresponde a \$2,80.

### 4.2.2 Costo Financiero

Cabe mencionar que también surgen costos financieros (tabla 9), a raíz de que parte del proyecto será financiado por medio de un préstamo a realizarse hacia una entidad bancaria, generando interés anual.

	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	Total Pagado
Intereses	838,36	699,19	547,04	380,70	198,83	2664,13

Tabla 9: Costo financiero anual del proyecto

### 4.3 Flujo proyectado

El análisis realizado en las secciones de inversiones y costos, se da a conocer que el proyecto será vendido a ETAPA realizaría una inversión inicial de \$5000 y este a su vez un préstamo por la diferencia de la inversión total, es decir \$8985,64 (tabla 11); la cual se verá como una inversión anual en el costo financiero del flujo de caja mostrado en la tabla 10.

Valores	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	\$ -	\$ -				
Inversiones	\$ 5.000,00	\$ 491,59	\$ 1.630,76	\$ 1.782,91	\$ 1.949,25	\$ 2.131,12
Costos totales		\$ 2.201,16	\$ 2.061,99	\$ 1.909,84	\$ 1.743,50	\$ 1.561,63
Costos Operación		\$ 1.362,80	\$ 1.362,80	\$ 1.362,80	\$ 1.362,80	\$ 1.362,80
Costo financiero		\$ 838,36	\$ 699,19	\$ 547,04	\$ 380,70	\$ 198,83

Flujo de Caja	\$ (5.000,00)	\$ (3.692,75)	\$ (3.692,75)	\$ (3.692,75)	\$ (3.692,75)	\$ (3.692,75)
Acumulado		\$ (8.692,75)	\$ (12.385,51)	\$ (16.078,26)	\$ (19.771,01)	\$ (23.463,77)

Tabla 10: Flujo Proyectado del proyecto

FORMA DE PAGO	
ANTICIPO	\$ 5.000,00
PRESTAMO	\$ 8.985,64

Tabla 11: Distribución de formas de pago del proyecto

Y como se mencionó anteriormente que parte de la inversión fue realizada mediante un préstamo bancario, realizamos la tabla de amortización respectiva para el valor más alto de la tasa para Inversión Pública, de la cual saldrán los valores de costo financiero anual y la inversión anual del año 1 al 5 (tablas 12 y 13).

<b>FINANCIAMIENTO</b>	<b>\$ 8.985,64</b>
<b>INTERES</b>	9,33%
<b>años</b>	5
<b>Cuota anual</b>	<b>\$ 2.329,95</b>

Tabla 12: Financiamiento del proyecto

# periodos	Capital Insoluto	Intereses	Cuota	Capital Pagado
<b>1</b>	\$ 8.985,64	\$ 838,36	\$ 2.329,95	\$ 1.491,59
<b>2</b>	\$ 7.494,04	\$ 699,19	\$ 2.329,95	\$ 1.630,76
<b>3</b>	\$ 5.863,28	\$ 547,04	\$ 2.329,95	\$ 1.782,91
<b>4</b>	\$ 4.080,37	\$ 380,70	\$ 2.329,95	\$ 1.949,25
<b>5</b>	\$ 2.131,12	\$ 198,83	\$ 2.329,95	\$ 2.131,12
	<b>Totales</b>	<b>\$ 2.664,13</b>	<b>\$11.649,77</b>	<b>\$ 8.985,64</b>

Tabla 13: Tabla de Amortización

#### 4.4 Valor Actual Neto (VAN)

Como parte del análisis financiero, si se desea vender el proyecto en un momento determinado, tomando en consideración la tasa del 9,33% y los valores del flujo de caja desde el año 0 al año 5, tendríamos un Valor actual Neto de (**\$ 19.241,37**).

No obstante se considera que el valor de la venta puede variar si se agrega una Utilidad neta al Flujo de caja.

#### 4.5 Relación Costo vs Beneficio

En el presente estudio del proyecto no se consideran ganancias y al ser un proyecto que se destina al público en general, se halla una relación entre el costo de la inversión y el número probables de accidentes que puedan ocurrir en la vía.

En cuanto a la relación de Costo/Beneficio se determina mediante el costo del proyecto VAN (\$ 19.241,37) y el número de vehículos promedio diario que cruzan el carretero del Parque que es de 3056 automotores, da la relación monetaria por vehículo (tabla 14).

	Número de Vehículos	Costos Unitarios
<b>Diarios</b>	3056	(\$ 6,2962609)
<b>Anuales</b>	1115440	(\$ 0,0172500)
<b>Periodo (5 años)</b>	5577200	(\$ 0,0034500)

Tabla 14: Relación Costo/Beneficio

Lo que en líneas generales significa que el costo de inversión por vehículo anualmente es menor a 2 centavos de dólar.

Es importante destacar los valores, pues indica que el proyecto sería viable desde este punto de vista.

## CONCLUSIONES Y RECOMENCACIONES

### Conclusiones:

1. Por consiguiente se concluye que para el proyecto, se reducen los tiempos de respuesta de las entidades competentes, que en un principio eran exagerados por la escasa de comunicación hacia los puestos de control y posterior al ECU911 para asistir a los eventuales daños y perjuicios que pueden suceder en un incidente.
2. Esto apoya que hacer uso de equipos terminales IP como son las cámaras de vigilancia y teléfonos VoIP, se puede tener mejor rendimiento de la red de datos y acceso a los equipos, que además permiten tener mayor facilidad para control, gestión y análisis del tráfico de voz y datos.
3. Para este caso en particular al tener condiciones geográficas muy variadas como es en el parque nacional Cajas, el uso de sistemas de tecnologías multipunto facilitarían la implementación de una posible expansión del proyecto si se desea realizar con dos o más puntos de vigilancia para la asistencia. Considerando una inversión económica similar a la estudiada en el capítulo 4 para cada puesto de vigilancia adicional que se desee instalar.
4. Se obtiene una referencia estadística de los lugares con mayor incidencia de accidentes, haciendo uso del punto de vigilancia que se emplee dentro del carretero y delegando a su vez las funciones de asistencia y rescate a los trabajadores de los puestos de control del parque.
5. Por último, conociendo los resultados financieros, se concluye que al tener un costo unitario anual por vehículo menor a 2 centavos de dólar, el proyecto es viable como una inversión para mejora del Parque Nacional Cajas, siendo los usuarios de vehículos y turistas dentro del parque los más beneficiados, tomando en cuenta que es una inversión pública.

## **Recomendaciones:**

1. Dentro del Análisis y diseño se asume una posterior expansión del sistema de enlaces Punto-Multipunto como es el aumento de Puestos de Vigilancia, se recomienda considerar las ubicaciones sugeridas, ya que se encuentran en lugares intermedios del carretero y entre sus puestos de control, y además poseen Línea de Vista hacia el Nodo PNCAJAS, por lo que se descarta un fallo del enlace por obstrucción.
2. En cuanto a la expansión del proyecto, se puede adicionar servicios como internet en el o los puntos de vigilancia, ya que el router CnPilot posee antenas WIFI 802.11n, el cual podría ser un rubro cobrado al público, por la escasez de cobertura de telefonía móvil. Además la ubicación geográfica del nodo PNCAJAS, se encuentra con línea de vista hacia el Cerro Hitocruz con una distancia aproximada de 26km, donde existen varios proveedores de Internet, con el cual se pueda obtener el servicio.
3. Conforme a adicionar servicios, aparte de internet, también se puede otorgar un sistema telefónico por cobrar, hacia operadas de telefonía fija y móvil si el usuario así lo desea; además se propone el aumento de cámaras por puesto de vigilancia, ya que el Router CnPilot posee varios Puertos LAN para conexión de PoE's optimizando el uso de los equipos.
4. Cabe citar que para un mejor del análisis del tráfico de datos, es recomendable usar una plataforma de Gestión y Control del Tráfico para así mantener de manera óptima el rendimiento de la red, indicando que puede tener costos adicionales por la obtención del software o hardware necesario.
5. Se recomienda la implementar un software para comparar los puntos de vigilancia que tienen mayor incidencia dentro del carretero y tomarlos como referencia estadística para prevenir futuros accidentes dentro del carretero.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Diario el Mercurio. (2015, junio) Ante riesgo de contaminación, inician controles en El Cajas. [Online].  
<http://www.elmercurio.com.ec/482410-inician-controles-en-el-cajas/#.Vrm96pXbLIU>
- [2] ANT. (2015, octubre) Estadísticas de transporte terrestre y seguridad vial. [Online]. <http://www.ant.gob.ec/index.php/noticias/estadisticas#.Vrm6zJXbLIW>
- [3] Diario el Mercurio. (2014, junio) Tráfico pesado por el cajas. [Online].  
<http://www.elmercurio.com.ec/436501- trafico-pesado-por-el-cajas/#.VkUeBLcvfIU>
- [4] Arcotel, Agencia de regulacion y control de las telecomunicaciones. (2015, febrero) LEY ORGANICA DE TELECOMUNICACIONES. [Online].  
<http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/ley-organica-de-telecomunicaciones.pdf>
- [5] Seguridad SOS. (2015, octubre) Cámaras de seguridad-tipos y modelos. [Online].<http://www.seguridadsos.com.ar/camaras-de-seguridad-tipos-y-modelos/>
- [6] Redaccion iT negocios. (2010, agosto) Diez diferencias entre una cámara IP y una analógica. [Online]. <http://itnegocios.com/diez-diferencias-entre-una-camara-ip-y-una-analogica>
- [7] John C. Bellamy, *Digital Telephony*, 3rd ed. Northeastem: JOHN WILEY & \$ONS, 2000.
- [8] Universidad de Jaén- España. (2015) Telefonía fija. [Online].  
<http://ujaen.es/sci/redes/telefonía/fija/terminales.html>
- [9] Gonzalo Calvo Ceinos, "Instalación de telefonía Cisco integración y configuración de Asterisk dentro de la estructura telefónica de Labco," Universidad de Cataluña, Cataluña, 2012.

- [10] Francisco Cordova. (2014) Tecnologías de Acceso. [Online].  
[http://www.imaginar.org/iicd/tus\\_archivos/TUS6/2\\_tecnologia.pdf](http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf)
- [11] LINKSYS Belkin International. (2013) Linksys 1080p 3MP Outdoor Night Vision Dome Camera. [Online].  
[http://downloads.linksys.com/downloads/datasheet/en/LCAD03VLNOD\\_English.PDF](http://downloads.linksys.com/downloads/datasheet/en/LCAD03VLNOD_English.PDF)
- [12] Soportes Moises. (2015) Telefonos monederos. [Online].  
<https://plus.google.com/photos/117801734380470576946/album/6128940345266585521/6128940516990464914>
- [13] Cambium Networks. (2016) PMP 450 AP. [Online].  
<http://www.cambiumnetworks.com/products/access/pmp-450/>
- [14] Cambium Networks. (2016) PMP 450 SM Especificaciones. [Online].  
<http://www.cambiumnetworks.com/resources/pmp-450-sm-specs/>
- [15] Cambium Networks. (2016) cnPilot™ Hogar y Pequeñas Empresas. [Online].  
<http://www.cambiumnetworks.com/products/wifi/cnpilot-home-small-business/>
- [16] Cisco. (2015) Power Over Ethernet. [Online].  
[http://downloads.linksys.com/downloads/userguide/WAPPOE\\_V10\\_UG\\_B-WEB,0.pdf](http://downloads.linksys.com/downloads/userguide/WAPPOE_V10_UG_B-WEB,0.pdf)
- [17] Banco del Pacífico. (2014) CARGOS ASOCIADOS Y OTROS SERVICIOS POR TIPO DE CRÉDITO. [Online].  
[https://www.bancodelpacifico.com/files/PDF/TransparenciaInformacion/Operaciones\\_Credito2011.pdf](https://www.bancodelpacifico.com/files/PDF/TransparenciaInformacion/Operaciones_Credito2011.pdf)

## ANEXOS

Características Técnicas comunes de teléfonos analógicos:

1. Marcación por tono/pulso
2. Rellamada último número
3. Selector de niveles de sonido
4. Posición de instalación mural o sobremesa
5. Tiempos de flashing regulables
6. Indicador visual de llamadas

Características Técnicas comunes de teléfonos digitales:

1. Pantalla móvil
2. Teclas de función, menú y programables
3. Programación
4. Rellamadas
5. Desvíos de llamada
6. Micrófono y Altavoz
7. Mute
8. Tecla de auriculares
9. Control de volumen
10. Lengüeta extraíble para guía rápida

Características Técnicas comunes teléfonos IP:

1. Pantalla
2. Tipo de mecanismo de marcación
3. Ubicación del mecanismo de marcación
4. Capacidad de llamadas en conferencia
5. Interfono
6. Teléfono con altavoz
7. Identificación de llamadas
8. Remarcación automática
9. Llamada en espera
10. Desvío de llamada

11. Transferencia de llamada
12. Retención de llamada
13. Botones de funciones adicionales
14. Control de volumen
15. Control del timbre

#### Características de la cámara

- Funcionalidad ePTZ
- Sensor: 5 Megapixel CMOS
- Detección de movimiento
- Detección de audio
- Amplio rango dinámico (WDR)
- Temperatura de operación: -40°C ~ 50°C
- Máscara de red
- Gestión de usuarios
- Gestión de perfil
- Gestión de eventos
- Amplio ángulo de visión  
Horizontal: 26° ~ 70° Vertical: 20° ~ 51°
- Certificación IP67 - a prueba de agua
- Certificación IK10 - a prueba de vandalismo
- Multi - streaming de
- Filtros IR de día/noche
- Capacidad de la ranura para tarjetas SD / SDHC para grabación ininterrumpida
- Puertos DI / DO para sensor externo y alarma
- POE IEEE 802.3af compatible para evitar la necesidad de conexión con tomacorrientes
- Software de Video Vigilancia Administrador
- Actualización a través del firmware