

DISEÑO DE UNA RED DE TELEVIGILANCIA PARA LOS EQUIPOS QUE
CONFORMAN EL SISTEMA DE AYUDAS A LA NAVEGACION AEREA EN EL
AEROPUERTO PALONEGRO DE BUCARAMANGA

HERLY JOHANNA HERRERA LIZCANO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

BUCARAMANGA

2005

DISEÑO DE UNA RED DE TELEVIGILANCIA PARA LOS EQUIPOS QUE
CONFORMAN EL SISTEMA DE AYUDAS A LA NAVEGACION AEREA EN EL
AEROPUERTO PALONEGRO DE BUCARAMANGA

HERLY JOHANNA HERRERA LIZCANO

Informe final de práctica para optar al título de Ingeniero Electrónica

Director de la práctica

PhD. Oscar Gualdrón González

Asesor de la empresa Aerocivil

Ing. Luís Abelardo Díaz Mateus

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2005

DEDICATORIA

A Dios por todo lo que soy,
A mis Padres y Hermanos por
Ser el apoyo incondicional de mi vida,
A mi Abuelo por su energía celestial,
Y a mis amigos de siempre.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a las siguientes personas sus contribuciones a este libro: Oscar Gualdrón, Director de Investigaciones de la Universidad Industrial de Santander, por su extraordinario aporte profesional; Jaime Herrera, Ingeniero Electrónico de la AeroCivil, por haber creído en mi para el desarrollo de este proyecto; Abelardo Díaz, Ingeniero Electrónico de la AeroCivil, por su apoyo constante; y a todos aquellos que fueron fuente de información y orientación.

También manifiesto mi gratitud a la Aerocivil de Colombia por todas las facilidades brindadas para la realización de este proyecto.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	I
1. FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE REDES INALÁMBRICAS DE TELEVIGILANCIA	14
1.1 GENERALIDADES DE TELEVIGILANCIA.....	14
1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TELEVIGILANCIA	15
1.1.2 ELEMENTOS GENERALES EN UN SISTEMA DE TELEVIGILANCIA.....	17
1.2 ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN	18
1.2.1 REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL	19
1.4.1 ALCANCE DE LAS REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL	20
1.3 MODELOS BÁSICOS DE PROPAGACIÓN.....	21
1.3.1 INTERPRETACIÓN EN TÉRMINOS DE LAS ZONAS DE FRESNEL.....	26
2. ESTUDIO DEL SISTEMA DE TELEVIGILANCIA ANALÓGICO DEL AEROPUERTO PALONEGRO DE BUCARAMANGA	29
2.1. INFRAESTRUCTURA ACTUAL	30
2.2. INVENTARIO DE LOS EQUIPOS QUE HACEN PARTE DEL SISTEMA ANALÓGICO DE TELEVIGILANCIA ACTUAL	31
2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA ANALÓGICO DE TELEVIGILANCIA	33
2.4. UBICACIÓN DE CADA UNA DE LAS CÁMARAS DEL SISTEMA ANALÓGICO ACTUAL DE TELEVIGILANCIA	35
3. DISEÑO DE LA RED DE TELEVIGILANCIA.....	37
3.1 CONCEPCIONES GENERALES	37
3.2 ANÁLISIS DEL ENTORNO.....	38
3.3 OPCIONES DE DISEÑO	41
3.4 ESTRUCTURA DE LA RED DE COMUNICACIÓN.....	44

3.4.1	GENERALIDADES DE REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL	44
3.4.2	COMPONENTES DE LAS REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL.....	44
3.4.3	TOPOLOGIAS BÁSICAS DE LAS REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL	46
3.4.4	GENERALIDADES DE LA FIBRA ÓPTICA	48
3.4.5	COMPONENTES DE LA FIBRA ÓPTICA	49
3.5	DISEÑO DE LA RED DE TELEVIGILANCIA.....	49
3.5.1	NIVEL 3: ESTACIÓN REMOTA.....	50
3.5.2	NIVEL 2: RED DE TRANSMISIÓN DE DATOS	57
3.5.3	NIVEL 1: CENTRAL DE MONITOREO.....	62
3.6	PARAMETROS DE DISEÑO PARA LAS REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL EN EL AEROPUERTO PALONEGO DE BUCARAMANGA	64
4.	SOLUCIÓN DE PROVEEDORES	70
	CONCLUSIONES	74
	RECOMENDACIONES.....	77
	BIBLIOGRAFIA	78

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.	ESTÁNDARES PARA REDES INALÁMBRICAS	20
TABLA 2.	EQUIPOS DEL CCTV	31
TABLA 3.	EQUIPOS DE CCTV	32
TABLA 4.	MAQUINAS DE RX	33
TABLA 5.	ANÁLISIS DOFA	42
TABLA 6.	FIBRA DE ÍNDICE ESCALONADO MONOMODO	60
TABLA 7.	FIBRA DE ÍNDICE ESCALONADO MULTIMODO.....	60
TABLA 8.	CÁMARAS DISPONIBLES EN EL MERCADO.....	71
TABLA 9.	TABLA DE VERIFICACIÓN	71
TABLA 10.	ACCESS POINT DISPONIBLES EN EL MERCADO	72
TABLA 11.	TABLA DE VERIFICACIÓN	72
TABLA 12.	ANTENAS DISPONIBLES EN EL MERCADO	73
TABLA 13.	TABLA DE VERIFICACIÓN	73

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. GEOMETRÍA PARA UN MODELO BÁSICO DE PROPAGACIÓN	22
FIGURA 2. ENLACE DE RADIO SIMPLE PARA EL MODELO DE ESPACIO LIBRE.....	23
FIGURA 3. PÉRDIDAS POR TERRENO PLANO	25
FIGURA 4. GEOMETRÍA DE LAS ZONAS DE FRESNEL	27
FIGURA 5. SISTEMA ANALÓGICO ACTUAL	30
FIGURA 6. ENTORNO DEL AEROPUERTO PALONEGRO DE BUCARAMANGA.....	40
FIGURA 7. COMPONENTES DE UN ENLACE EXTERNO	46
FIGURA 8. TOPOLOGÍAS BÁSICAS DE LAS REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL.....	47
FIGURA 9. TIPOS DE ANTENAS DIRECCIONALES	54
FIGURA 10. PATRÓN DE RADIACIÓN DE UNA ANTENA DIRECCIONAL.....	55
FIGURA 11. ANCHO DEL HAZ DE UNA ANTENA.....	57
FIGURA 12. NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA POR EL RECEPTOR.....	64
FIGURA 13. CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE.....	67
FIGURA 14. DISEÑO FINAL DE LA RED DE TELEVIGILANCIA.....	69

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A.....	81
ANEXO B.....	82
ANEXO C.....	83
ANEXO D.....	84
ANEXO E.....	90
ANEXO F.....	92
ANEXO G.....	94

TITULO: DISEÑO DE UNA RED DE TELEVIGILANCIA PARA LOS SISTEMAS DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA DEL AEROPUERTO PALONEGRO DE BUCARAMANGA*

AUTORA: Herly Johanna Herrera Lizcano **

PALABRAS CLAVES: Televigilancia, Wi-Fi , Fibra óptica.

DESCRIPCIÓN

El propósito de este proyecto de grado, es diseñar una red de Televigilancia para el sistema de ayudas a la navegación aérea del Aeropuerto Palonegro de Bucaramanga. Para lograr este objetivo el proyecto se distribuyó en cuatro fases de desarrollo. En la fase inicial se estudiaron los fundamentos básicos de los sistemas de Televigilancia y los elementos presentes en estos sistemas, como era necesario tener un conocimiento del sistema de vigilancia existente en el aeropuerto y una idea de la ubicación de cada uno de los equipos de ayudas a la navegación aérea, en la siguiente fase se hizo el análisis de la infraestructura actual del sistema de vigilancia, teniendo en cuenta el inventario y el estado de funcionamiento de cada uno de los elementos del sistema. Para realizar el estudio de la ubicación de los equipos de ayudas a la navegación aérea se buscaron los planos y al personal adecuado para establecer el entorno de trabajo de este proyecto. En la tercera fase se llevaron a cabo dos procesos paralelos, el primero se basó en el análisis de la cobertura del sistema actual de vigilancia para establecer si lograba cubrir algunas o todas las áreas destinadas para los sistemas de ayudas a la navegación aérea y el segundo se basó en el estudio de las tecnologías de transmisión y con la experiencia ganada en las fases anteriores se ideó una alternativa de solución al problema planteado, para presentar un diseño final que resultara flexible a las proyecciones de crecimiento de la Aerocivil y que optimizara el uso de los recursos existentes. Ya establecido el diseño final se planteó la cuarta y última fase que es el estudio de posibles soluciones de algunos proveedores con el fin de presentar una guía en cuanto a costos y proveedores de equipos de red necesarios para la implementación del diseño.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

Trabajo dirigido por el profesor Oscar Gualdrón González, PhD.

TITLE: DESIGN OF A TELEVIGILANCE NETWORK FOR THE AERONAVIGATION AID SYSTEMS AT THE “PALONEGRO” AIRPORT AT BUCARAMANGA *

AUTHOR: Herly Johanna Herrera Lizcano **

KEYWORDS: Televigilance, Wi-Fi , fiber optic.

DESCRIPTION

A televigilance network for the aeronavigation aid systems of the “Palonegro” airport at Bucaramanga was designed. The project was developed in four phases. In the initial phase, a study of the televigilance systems was performed, including their fundamentals and conforming elements; similarly, the current vigilance system at the airport was studied, as well as the situation of each one of the aeronavigation aid equipments. During the next phase, an extensive analysis of the current infrastructure of the vigilance system was carried out; it was focused in the inventory and the functional state of each one of the elements in the system. To perform the study about the localization of the aid equipment, planes and relevant personal were consulted; also, this served to form an adequate work environment. In the third phase, two processes were carried out simultaneously. The first was the analysis of the coverage of the current vigilance system to establish if it covered some or all of the areas assigned to the aeronavigation aid systems. The second was to outline a solution for the stated problem, based in the study of the transmission technologies and the knowledge of the real situation; the goal was to present a final design enough flexible to be adjusted to the development projections of “Aerocivil” and making optimal use of the available resources. Once the final design was established, the fourth and final phase was carried out; it consisted in the study of possible solutions from a number of providers with the goal of developing a guide of costs and providers of network equipments, needed for the implementation of the design.

* Final Graduation Work

**Physical-mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronic and Telecommunications School.
Advisor: Oscar Gualdrón González, PhD.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo surge de la necesidad de monitorizar en tiempo real los equipos de ayudas a la navegación aérea, para mantener un control constante de cada uno de ellos. Ante esta problemática este proyecto se concentra en servicios de tiempo real como la Televigilancia, pues esta proporciona una gran variedad de posibles aplicaciones que combinan la interactividad y la multimedia. El término Televigilancia se define como un conjunto de sistemas que permiten la supervisión y el control desde una central de monitoreo, de una o varias instalaciones técnicamente aisladas o distribuidas geográficamente. Para incorporar este servicio en el Aeropuerto Palonegro de Bucaramanga se requería un estudio previo de la infraestructura actual y sus capacidades, conocer el entorno de trabajo y las tecnologías de transmisión. Este estudio sienta las bases para determinar los elementos y parámetros de red necesarios para definir estrategias a la hora de implementar el servicio de Televigilancia. Finalmente, se hacía necesario diseñar una red que indicara claramente los pasos a seguir por la Aerocivil, para instalar este servicio aprovechando la infraestructura actual y permitiendo, al mismo tiempo, una proyección a futuro.

1. FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE REDES INALÁMBRICAS DE TELEVIGILANCIA

1.1 GENERALIDADES DE TELEVIGILANCIA

El concepto de televigilancia nació hacia la década de los 80 como complemento visual de la tecnología de audio usada para la verificación de alarmas. Hoy en día la televigilancia incluye una amplia gama de características que incluyen múltiples opciones de comunicación y funcionalidades automatizadas.

La televigilancia puede definirse como un conjunto de sistemas que permiten la supervisión y el control desde una central de monitoreo, de una o varias instalaciones técnicamente aisladas o distribuidas geográficamente.

Los sistemas de televigilancia ofrecen todo un abanico de posibilidades, algunas de las más significativas son:

- Telealarma: Alertar automáticamente en caso de ocurrir un evento previamente definido.
- Telecontrol: Controlar el funcionamiento de una instalación remota.
- Telemando: actuar a distancia sobre los equipos del sistema de televigilancia.

- Telegestión: gestionar a distancia el funcionamiento de las instalaciones controladas y registrar la información para analizarla y optimizarla.

1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TELEVIGILANCIA

Los sistemas de televigilancia permiten la visualización local o remota de imágenes de un lugar captadas por cámaras de video, objetivo que se logra mediante la transmisión de imágenes a través de una conexión alámbrica o inalámbrica que posee acceso a Internet o a una red privada de datos; y es gracias a esta transmisión que los servicios de televigilancia ofrecen la posibilidad de aplicar la videovigilancia, como metodología de monitoreo y seguridad.

Las aplicaciones de televigilancia son múltiples y pueden ir de algunas tan sencillas como verificar el acceso de un empleado autorizado en horas no laborales o tan complejas como la verificación de la alarma y el control de áreas múltiples desde una ubicación central.

Los sistemas de televigilancia ofrecen importantes beneficios que se reflejan en los procesos productivos, en áreas como la seguridad, previniendo las fugas provocadas por eventos no deseados tales como robos, y en el ámbito de la productividad, impulsan en forma indirecta el correcto funcionamiento del personal y entregan las herramientas para realizar estudios de logística que apoyen las decisiones que contribuyan a una mejor operación de la empresa.

Algunos de los posibles escenarios en que generalmente se emplean los sistemas de televigilancia se expresan a continuación, mencionando algunos de los sitios en los cuales se aplican:

En el transporte:

- Aeropuertos.
- Peajes de carreteras.
- Trenes subterráneos.
- Puertos marítimos.
- Vías Férreas.
- Autopistas Inteligentes
- Dirección del tráfico de las ciudades.

Control de procesos e industria:

- Plantas Industriales
- Plantas de tratamiento de agua.
- Plantas petroquímicas.
- Plantas de Energía.
- Control de empresas de servicios públicos.
- Control ambiental.
- Minas.

Control de Seguridad y Acceso:

- Seguridad y control de acceso a: aeropuertos, puertos, fábricas, bases militares, centros comerciales, casinos, prisiones, etc.
- Seguridad de sucursales remotas y verificación de alarmas: bancos, instituciones financieras, escuelas, almacenes, tiendas comerciales, etc.
- Vigilancia de estacionamientos.

- Instalaciones militares y misiones críticas.

1.1.2 ELEMENTOS GENERALES EN UN SISTEMA DE TELEVIGILANCIA

Para que un sistema de televigilancia cumpla con el objetivo de vigilar o controlar a distancia, se deben tener en cuenta una gran diversidad de elementos que se integran dependiendo del ambiente en el cuál se esta trabajando. A continuación se presentan los tres niveles a tener en cuenta para el desarrollo de un sistema de vigilancia.

- **Nivel 1: Central de control**

En este nivel se ubican los elementos de visualización como monitores, grabadoras de video, sistemas de activación de alarmas, centros de cómputo y otros dispositivos que permiten el control de cámaras, refrigeración y demás elementos del sitio remoto.

- **Nivel 2: Red de transmisión de datos**

En este nivel se ubica la red de transmisión de datos, la cual establece la comunicación entre la central de monitoreo y la estación remota. Para llevar a cabo dicha comunicación se requiere que en la central de monitoreo como en la estación remota se disponga de un equipo, el cual adecua las señales entre los extremos de red.

Existe gran variedad de tecnologías para establecer la comunicación entre la central de monitoreo y la estación remota; Algunas posibilidades son: la red de telefonía pública, Internet, Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), Línea Digital Asimétrica de Abonados (ADSL), las redes de radiofrecuencia, redes satelitales, de telefonía móvil y las redes privadas.

- **Nivel 3: Estación remota**

El objetivo de este nivel es recoger información de eventos, para luego transmitirla al puesto de control. Para la recolección de dicha información se utilizan elementos tales como: cámaras de video (analógicas o digitales), sistemas de audio, interruptores, dispensadores, sistemas de identificación (por tarjeta, dactilar, óptico, auditivo, etc), sensores de movimiento, de temperatura, de presión y demás sensores especiales que son propios de determinados procesos (sensores de factor del agua, sensores del nivel de radiación, etc), y en general cualquier dispositivo de entrada que permita obtener información para ejecutar tareas de control.

1.2 ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN

Los servicios de comunicaciones a nivel mundial han convertido a las redes inalámbricas en importantes soluciones que permiten ofrecer banda ancha y adicionalmente resolver el problema de última milla. De la misma forma, los servicios de datos en redes celulares, servicios de mensajería y los servicios multimedia se convierten en una herramienta clave para el trabajo de las personas en la actual sociedad de la información, dado que proporcionan mayores ingresos a los proveedores de servicios y también imponen retos tecnológicos como video

interactivo. Estándares emergentes de altas o bajas velocidades, pero con orientaciones específicas, abren aún más el universo de opciones de utilización.

Con las ventajas de conectividad inalámbrica como: movilidad, flexibilidad y seguridad, la utilización de estas tecnologías dinamiza las comunicaciones entre estaciones remotas y centrales de control.

Al utilizar la cobertura de las redes inalámbricas, aumenta la eficiencia de los sistemas en cuanto a tiempo, costo y seguridad.

En entornos empresariales como lo es el aeropuerto Palonegro de Bucaramanga y específicamente la pista de aterrizaje se hace necesario un enlace inalámbrico para la realización del presente proyecto.

1.2.1 REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL

Las WLAN (redes locales inalámbricas), se encuentran estandarizadas por la IEEE en la norma 802.11¹ y con el fin de promoverla y certificar la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes, existe la Alianza WiFi². Esta alianza estableció la denominada Wi-Fi, en principio como sello de interoperabilidad y confiabilidad, luego se adoptó como el nombre que cobija todas las formas de las redes inalámbricas con algunas especificaciones para la seguridad (WPA WiFi Protected Access³) y calidad de servicio (WMM WiFi Multimedia⁴).

¹ IEEE "Institute of Electrical and Electronics Engineers" es un organismo de estandarización que definió las especificaciones para el estándar 802.11.

² Es una organización sin ánimo de lucro formada en 1999 para certificar la interoperabilidad de productos inalámbricos de redes de área local basados en las especificaciones del IEEE 802.11.

³ WPA es protocolo de seguridad para proteger el acceso a Wi-Fi

⁴ WMM es un protocolo de calidad de servicio en las redes Wi-Fi

Las normas IEEE definen su utilización para ambientes de “área local”, sin embargo, gran parte de los fabricantes han hecho adaptaciones para utilizar los equipos en aplicaciones para interconexión de sitios remotos.

A continuación se presenta un breve recorrido por el espectro tecnológico en materia de redes inalámbricas.

Tabla 1. Estándares para redes inalámbricas

Parámetro	Frecuencia	Modulación	Ancho de banda por canal	Tasa de transmisión	Cobertura	Potencia máxima
802.11a	5 GHz	OFDM	20 MHz (6 canales utilizables)	54 Mbps	30/50 m	1W, 4W
802.11b	2.4 GHz	DSSS	22 MHz (3 canales)	11 Mbps	50/150 m	1mW
802.11g	2.4 GHz	OFDM	22 MHz (3 canales)	54 Mbps	30/50 m	200 mW. 1W. 4W

1.4.1 ALCANCE DE LAS REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL

El alcance que brinda Wi-Fi depende principalmente del sistema de antena utilizado y las características propias del equipo (potencia de transmisión y sensibilidad de recepción). Para determinar la calidad de la comunicación se deben tener en cuenta factores ambientales, como por ejemplo el ruido. La relación entre señal a ruido, comúnmente expresada con la sigla SNR, es un factor muy importante ya que expresa cuanto se distingue la señal del ruido circundante.

Para que el enlace funcione en su máximo rendimiento teórico es necesario que además de tener línea de vista sin obstáculos entre las antenas, haya un área

alrededor de esta recta, libre de obstáculos. Esta área se conoce como zona de Fresnel. Más adelante se profundizará en este tema.

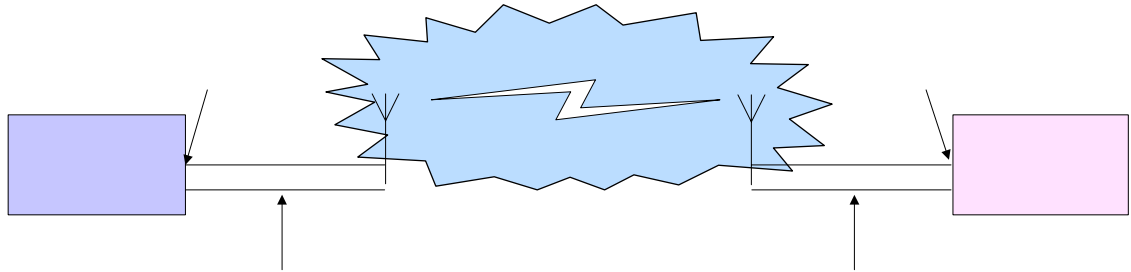
El estándar escogido para la comunicación es el 802.11g ya que opera en la frecuencia 2.4 GHz y establece una velocidad de transmisión de 54 Mbps, también establece que todos los equipos que la cumplan deben ser capaces de comunicarse con sus antecesoras en forma transparente.

1.3 MODELOS BÁSICOS DE PROPAGACIÓN

El modelo básico de Path loss (camino de pérdidas) se da por la ecuación (2.1) a partir de la figura 1. Donde P_R es la potencia recibida por la antena receptora, P_T es la potencia de la antena transmisora, $h_{shelter}$ es la altura de la antena transmisora, $h_{receptor}$ es la altura de la antena receptora, r es la distancia entre la antena transmisora y la receptora, f_c es la frecuencia de portadora, k es la constante de proporcionalidad y L son las pérdidas por trayectoria, las cuales dependen de las características de la trayectoria entre la antena transmisora y la receptora.

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{1}{L} = k \frac{h_{receptor} h_{shelter}^2}{r^4 f_c^2} \quad (2.1)$$

Figura 1. Geometría para un modelo básico de propagación



Fuente: Saunders, Simon. Antennas and propagation for wireless communication systems

Ganancia de la Antena GT

La relación entre la potencia recibida y la potencia transmitida entre dos antenas se asocia con las pérdidas por trayectoria, que se expresan en decibelios. Aquí están todos los posibles elementos asociados con interacciones entre la onda propagada y los diferentes medios, tales como (antenas, conductores, obstáculos) que están presentes entre el transmisor y receptor. En los canales inalámbricos donde se presenta la propagación multi-trayectoria, es muy común encontrar el efecto de Fast Fading (rápido desvanecimiento). En el caso de estudio las pérdidas por trayectoria tienen en cuenta la intensidad de potencia sobre varios ciclos de desvanecimiento (pérdidas por trayectoria del campo local). En estas pérdidas se consideran diferentes ganancias y pérdidas en el sistema de radio, debidas a conectores, cables, guías de onda, entre otros, por esto se hace difícil medir directamente estas pérdidas. Analizando enlaces de radio simples se facilita su estudio, lo que generalmente es el primer paso para el estudio de un sistema de comunicaciones inalámbrico. Como se muestra en la figura 2.

Potencia del Transmisor

PT1

Transmisor

Pérdidas por cable L1

Figura 2. Enlace de radio simple para el modelo de espacio libre.



Para antenas en espacio libre, según la fórmula de Friis, la densidad de potencia incidente en la antena receptora está relacionada por:

$$s = \frac{P_T G_T}{4\pi r^2} \quad (2.2)$$

Donde P_T es la potencia aplicada a la antena transmisora y G_T es la ganancia máxima de la misma. La potencia en el receptor se relaciona por la apertura efectiva de la antena receptora y la densidad de potencia (magnitud del vector de Poynting considerando sólo el tiempo promedio del flujo de potencia sobre un periodo) por:

$$P_R = A_e s \quad (2.3)$$

La máxima ganancia de la antena receptora para esta apertura efectiva se expresa como:

$$G_R = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_e \quad (2.4)$$

Utilizando las anteriores ecuaciones y asumiendo que las antenas están alineadas en la dirección de máxima ganancia, además de tener polarizaciones similares y

una separación r que permita considerar los campos lejanos, se puede expresar la relación de potencias de recepción y transmisión como:

$$\frac{P_R}{P_T} = G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \quad (2.5)$$

Utilizando (2.3) y según (2.1) las pérdidas por trayectoria, en este caso, pérdidas por espacio libre, se dan por

$$L_o [dB] = 32.4 + 20 \log r + 20 \log f \quad (2.6)$$

donde r se expresa en kilómetros y f en megahertz. En la práctica las condiciones de espacio libre pueden ser muy distintas y la potencia recibida puede ser menor a la dada por (2.3); esto se debe a distintos estados de polarización de las antenas y a que las impedancias de fuente y de carga pueden no equilibrar las impedancias de la antena. Como indica Saunders⁵, *“para estados de polarización diferentes se puede aplicar una expresión que considere los vectores de polarización, sin embargo, en medios que no se asemejen al espacio libre los fenómenos de reflexión, refracción y difracción modifican el estado de polarización de la onda emitida por una antena específica”*.

Las pérdidas descritas por L_o difieren por varias condiciones, una de ellas es la guía de onda donde las pérdidas son menores a las del espacio libre, y otra es que en condiciones normales de propagación, así como en un entorno urbano o suburbano, las pérdidas son mayores a L_o debido a los fenómenos de reflexión, refracción y transmisión. Un caso particular es el caso de terreno plano, que se muestra en la figura 3, donde el efecto de reflexión en tierra afecta la potencia

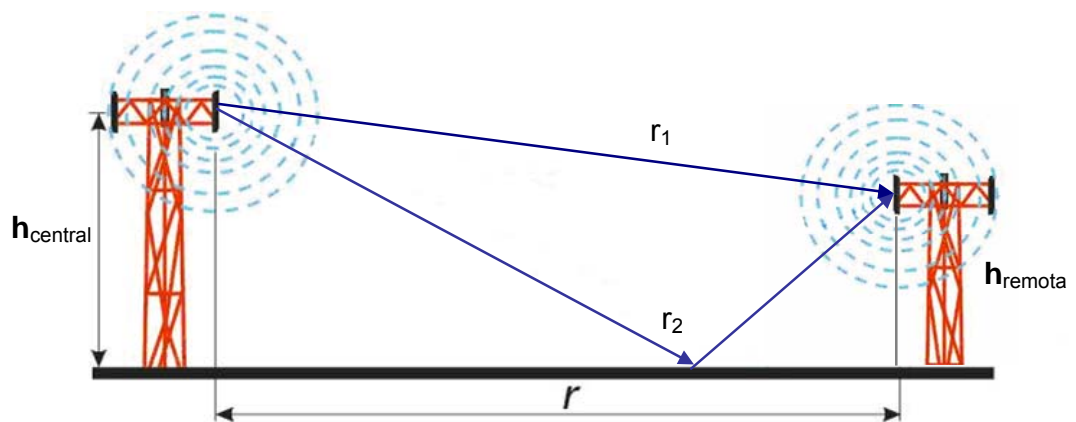
⁵ SAUNDERS, Op. Cit., p. 28-29

recibida, ya que el receptor percibe dos rayos (uno directo y otro reflejado) con fases diferentes. En la ecuación (2.7) se muestra una expresión para estimar las pérdidas por terreno plano (L_{PTP}), considerando a L_o como el rayo directo, algunas aproximaciones para el rayo reflejado en tierra, una polarización horizontal entre antenas y una distancia notablemente grande entre transmisor y receptor. Como se muestra en la figura 3.

$$L_{PTP} [dB] = 40 \log r - 20 \log h_{receptor} - 20 \log h_{shelter} \quad (2.7)$$

En comparación con L_o estas pérdidas se incrementan más rápidamente con la distancia y además no dependen de la frecuencia. Se debe hacer claridad en que este es un modelo aproximado y que junto con el modelo de pérdidas por espacio libre conforman los modelos básicos de propagación; estos habitualmente se usan como puntos de referencia.

Figura 3. Pérdidas por terreno plano



Los modelos avanzados de propagación son aproximaciones que se han realizado para considerar los efectos del entorno y así calcular las pérdidas totales. Se usan los principios de difracción por bordes y esquinas, evaluación de la distorsión del

campo local, consideraciones matemáticas entorno a las zonas de Fresnel y difracción de onda plana debida a pantallas absorbentes. Varios de estos modelos basan su teoría en la aproximación de Kirchhoff-Huygens para describir los efectos de difracción causados por bordes de superficie. Para este trabajo no se tienen en cuenta estos modelos ya que el entorno no lo requiere.

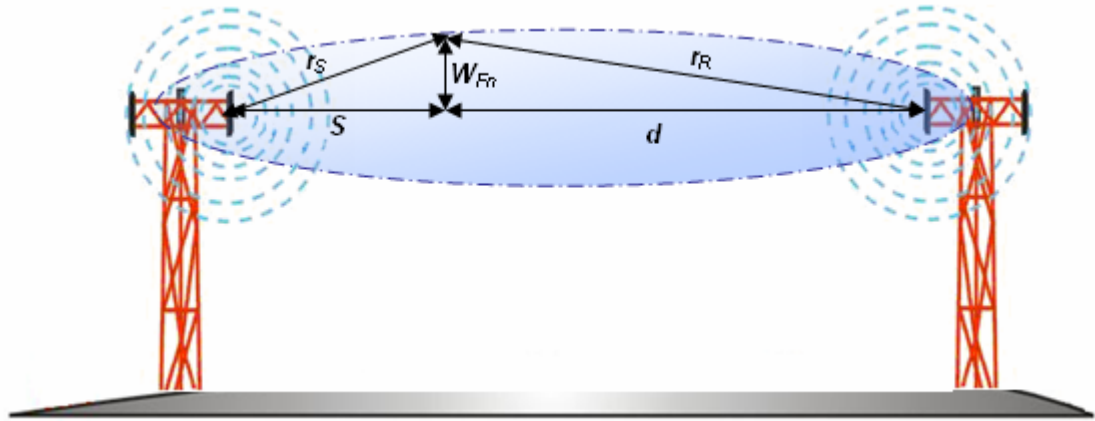
1.3.1 INTERPRETACIÓN EN TÉRMINOS DE LAS ZONAS DE FRESNEL

Las zonas de Fresnel son elipsoides de revolución alrededor de la línea directa entre el transmisor y el receptor, donde los puntos del transmisor y el receptor actúan como focos de la elipse, como se muestra en la figura 4. Para establecer el radio de Fresnel (w_{Fn}) a una distancia s del transmisor. Tal como lo indica Bertoni⁶, si $s + d \gg \lambda$, r_s y r_R pueden ser aproximadas según los conceptos de la evaluación de distorsión de campo, obteniéndose la expresión:

$$w_{Fn} = \sqrt{n \frac{\lambda s d}{s + d}} \quad (2.8)$$

⁶ Ibid., p. 110-113.

Figura 4. Geometría de las zonas de Fresnel



Estudios sobre la distorsión del campo debido a los cambios de fase y amplitud indican que la propagación de ondas de una fuente a un punto receptor es un fenómeno localizado, siendo delimitadas por una zona de Fresnel dada. Algunos objetos que estén por fuera de la zona de Fresnel pueden introducir reflexiones adicionales o contribuciones de dispersión en el campo resultante en el punto receptor, estos objetos pueden ser: montañas, árboles o edificios. Los objetos localizados dentro de la zona de Fresnel causan una perturbación significativa en la onda incidente, especialmente en la zona $n = 1$.

La zona de Fresnel puede ser parcialmente bloqueada por la tierra a grandes distancias. Este bloqueo hace que la potencia recibida decaiga rápidamente a medida que aumenta la distancia. Si un objeto bloquea totalmente la zona de Fresnel $n = 1$, entonces la onda directa que alcanza el punto de recepción será obstaculizada. Si la distancia entre el transmisor y el receptor es, a un punto medio

$s = d = \frac{r}{2}$, el diámetro de la zona de Fresnel en $n = 1$ es:

$$2w_{F1} = \sqrt{\lambda r} \quad (2.9)$$

El diámetro se incrementa con la separación r y con λ , por lo cual, si la distancia de propagación está en el rango de kilómetros, la zona de Fresnel equivale al tamaño de un edificio.

2. ESTUDIO DEL SISTEMA DE TELEVIGILANCIA ANALÓGICO DEL AEROPUERTO PALONEGRO DE BUCARAMANGA

El origen de Circuitos Cerrados de Televisión – CCTV- se remonta a los años 50's. Avances en los 70's específicamente sistemas de grabación análoga y cámaras de estado sólido, impulsaron la vigilancia en tiempo real.

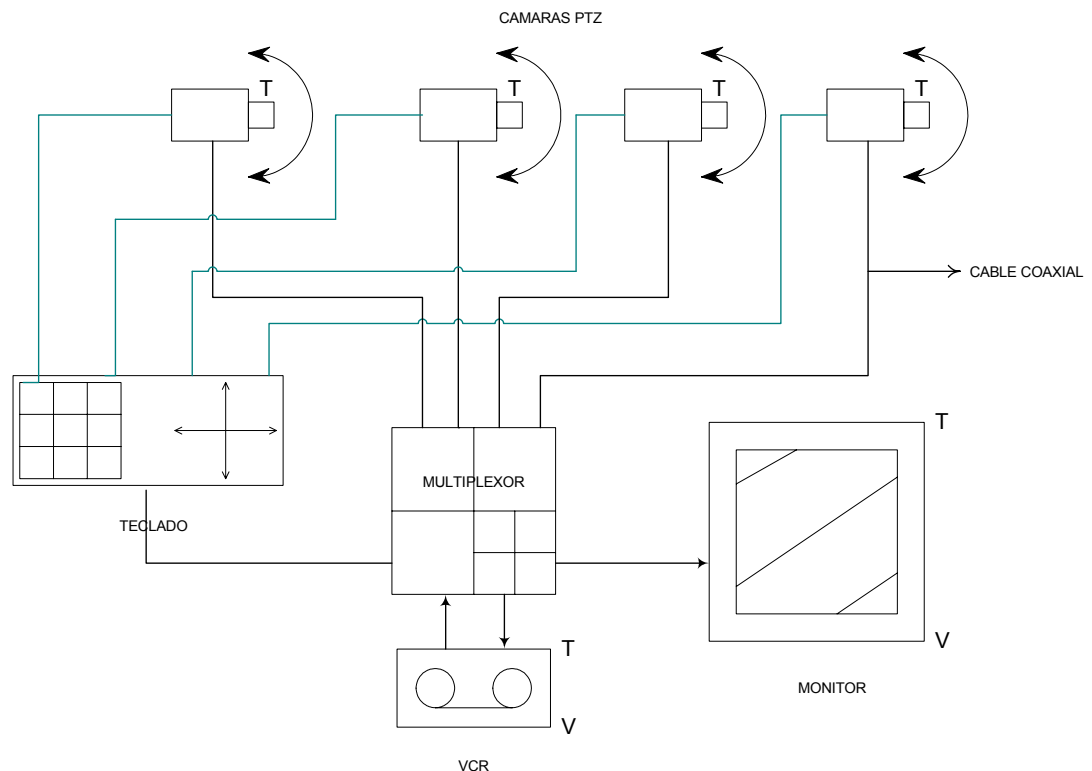
Los sistemas de televigilancia analógicos actuales poseen pocas ventajas más allá de su familiaridad y los costes. Estos sistemas se basan en tecnologías de lapsos de tiempo, el almacenamiento está limitado a las cintas, con lo que se precisan un alto mantenimiento y carece de capacidades de búsqueda de imágenes.

El sistema tradicional analógico usa cable coaxial que conecta varias cámaras con los multiplexores que alimentan grabadoras de video en un cuarto de control central. Para la visualización en tiempo real de las imágenes vigiladas se usan monitores con un switch para cambiar a la vista deseada o monitores capaces de aceptar múltiples fuentes de video en ventanas separadas.

2.1. INFRAESTRUCTURA ACTUAL

El sistema actual de televigilancia es un sistema 8500 basado en un microprocesador que manipula una matriz de video de puntos cruzados con 32 entradas de video y 16 salidas. Posee un teclado el cual es el controlador del movimiento vertical y horizontal de cada una de las cámaras. Este sistema maneja un software llamado Smart Control System -S.O.S- creado para la transmisión de eventos de alarma y control remoto de equipos a través de redes de datos. La arquitectura de este sistema se basa en la instalación de un hardware Smart Control Unit –S.C.U- en cada sitio remoto conectado a un panel de alarma. La SCU realiza la interfase con la red LAN, la que se encarga de llevar todos los datos a la central de monitoreo.

Figura 5. Sistema Analógico actual



2.2. INVENTARIO DE LOS EQUIPOS QUE HACEN PARTE DEL SISTEMA ANÁLOGO DE TELEVIGILANCIA ACTUAL

A continuación se efectúa una relación de los equipos de CCTV y su estado de funcionamiento.

Tabla 2. Equipos del CCTV

NC	UBICACION	SERIE	ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	RECOMENDACION
2	TORRE	102533	COAXITRON SATISFACTORIO	CAMBIO TERMINALES
4	DESPACHOS	102457	COAXITRON SATISFACTORIO	CAMBIO TERMINALES
5	TUNEL	102444	COAXITRON SATISFACTORIO	CAMBIO TERMINALES
6	SALA ABORDAJE	102526	COAXITRON SATISFACTORIO	CAMBIO TERIMINALES
7	SALA PRINCIPAL	102603	DOMO SATISFACTORIO	CAMBIO TERMINALES
8	SALA ARRIVO	102602	DOMO SATISFACTORIO	CAMBIO TERMINALES
9	SALA ABORDAJE	102453	FIJA SATISFACTORIO	CAMBIO CABLE COAXIAL
10	OFICINAS	102456	FIJA SATISFACTORIO	
11	PLATAFORMA	102659	COAXITRON SATISFACTORIO	CAMBIO TERMINALES
14	TORRE	102654	COAXITRON FRENADA	CAMBIO TERMINALES
15	TORRE	102651	COAXITRON SATISFACTORIO	CAMBIO TERMINALES

Nota: El cambio de terminales de los cables en razón a la acción de los vientos sobre las cámaras, estos se aíslan ocasionando pérdida de imagen.

Tabla 3. Equipos de CCTV

ELEMENTO	MARCA	SERIE	ESTADO DE FUNCIONAMIENTO
TECLADO	PELCO	MOD. SISTEM 8500 CM8505D SERIAL30707K	SATISFACTORIO
MATRIX	PELCO	MOD. SISTEM 8500	FUNCIONANDO DOS PUERTOS FUSER
MULTIPLEXOR	GYR	MOD. DIGISCAN SERIAL D516D	SATISFACTORIO
MONITORES	PELCO	MODE PMC-14F SERIE 21209152	SATISFACTORIO
	PELCO	MODE PMC-14H SERIE 41007663	SATISFACTORIO
	PELCO	MODE PMC-14H SERIE 41007654	SATISFACTORIO
	PELCO	MODE PMC-14H 31220764	SATISFACTORIO
UPS	POWERWARE	MOD. 12.5/12.5 SERIAL BP302C0267	SATISFACTORIO
VIDEOGRAB.	GYR	MOD. 2100-52MPG SERIAL 7328075	SATISFACTORIO
	GYR	MOD. 2100-52MPG SERIAL 7140092	SATISFACTORIO

Nota: la Empresa Latinoamericana terminó el mantenimiento del CCTV y Radios BOSCH el día 03 de Julio de 2005.

Tabla 4. Maquinas de Rx

ELEMENTO	MARCA	SERIE	ESTADO DE FUNCIONAMIENTO
MAQUINA RX ALFA 8	HEIMAN HS 9075-35 TS	13890	SATISFACTORIO
MONITORES	PANASONIC TX-T 1562	125180 125181	SATISFACTORIO SATISFACTORIO
DETECTOR DE PORTICO	GARRET MODELO PD 6500i	34074195	SATISFACTORIO
MAQUINA DE RX ALFA 5	HEIMAN HI-SCAN- 6040i	21725	SATISFACTORIO
MONITORES	SONY SAMSUNG	4102478 AV17HXAX 100702	SATISFACTORIO SATISFACTORIO
DETECTOR DE PORTICO	GARRET MODELO PD 6500i	34074185	SATISFACTORIO
MAQUINA DE RX	HEIMAN HS 9075-35 TS	12790	SATISFACTORIO
MONITORES	PANASONIC SONY	5430144 4104594	FUSER FUSER

2.3. CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA ANALÓGICO DE TELEVIGILANCIA

A continuación se presenta una descripción de los dispositivos relevantes en el sistema de analógico de televigilancia instalado en el Aeropuerto Palonegro de Bucaramanga.

TECLADO

El teclado para el sistema 8500 está provisto de los siguientes elementos:

- Joystick: Este elemento tiene dos funciones, la primera es el control de las funciones Pan/Tilt (movimiento vertical y horizontal) de las cámaras y la segunda es el control del cursor en el modo de operación, es decir toma la función del “mouse”.
- Teclado numérico: Se utiliza para seleccionar que equipo se desea visualizar, ya sea como cámaras o monitores.
- Teclas de selección: son usadas para iniciar las funciones del sistema.
- La fuente de alimentación la obtiene de una CPU, la cual está conectada por el puerto RJ-45 8 pines conector hembra.

MATRIZ

Este dispositivo es el encargado de conmutar las señales de las cámaras de video que se encuentran en sus entradas, en cualquier combinación deseada con los monitores de video, el digitalizador de imagen o la impresora de video que estén en sus salidas.

MONITOR DE DATOS

Es un monitor que está controlado directamente por el teclado, aquí se visualiza el menú del sistema.

MONITOR DEL SISTEMA

Es un monitor que no está controlado generalmente por el teclado, pero está dedicado a las funciones como alarmas o eventos de programación.

MULTIPLEXOR

Se utiliza como dispositivo que puede recibir varias entradas y transmitir las a un medio de transmisión compartido. Para ello lo que hace es dividir el medio de transmisión en múltiples canales, para que varios nodos puedan comunicarse al mismo tiempo.

UPS

Es un sistema de alimentación ininterrumpida que gracias a su batería de gran tamaño y capacidad, puede proporcionar energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos electrónicos conectados a él. Dentro de sus funciones también está la de regular el flujo de electricidad, controlando las subidas y bajadas de tensión y corrientes en la red existente.

VIDEOGRABADORA

El CCTV se basa en la tecnología de lapsos de tiempo y el almacenamiento del video se realiza por medio de cintas magnéticas. Este sistema debe almacenar el video de 11 cámaras, actualmente soportadas por el sistema. El número de cámaras conduce a que los lapsos de tiempo de grabación sean tan grandes como 1 cuadro cada 5 segundos, para tener un número de horas (120 fps) almacenadas.

2.4. UBICACIÓN DE CADA UNA DE LAS CÁMARAS DEL SISTEMA ANALÓGICO ACTUAL DE TELEVIGILANCIA

Las cámaras se encuentran ubicadas al interior del Aeropuerto. A continuación se presentan de manera general su ubicación, sin dar detalle de su cobertura por cuestiones de seguridad.

- Sala de abordaje
- Sala de espera
- Plataforma
- Torre de control
- Despacho de empresas aéreas
- Salida de pasajeros
- Entrada hacia las oficinas del área administrativa
- Parqueadero

Con el conocimiento adquirido en cuanto a sistemas de televigilancia y basados en el sistema actual del Aeropuerto, se presenta a continuación el desarrollo para establecer el diseño final, acorde con las necesidades y requerimientos del Aeropuerto.

3. DISEÑO DE LA RED DE TELEVIGILANCIA

3.1 CONCEPCIONES GENERALES

En el establecimiento de redes de televigilancia es común encontrar como fundamento de las mismas a los sistemas tradicionales de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión), que requieren una infraestructura separada y emplean cable coaxial para la transmisión de datos.

Sin embargo paulatinamente los desarrollos digitales han permitido la incorporación de los cables de par trenzado y de fibra óptica, como medios de transmisión de las secuencias de imágenes de los sistemas de televigilancia, lo cual posibilita su almacenamiento en formato digital en servidores u otros equipos de cómputo en lugar de las cintas de video y disminuye los problemas de espacio, cantidad y seguridad de este tipo de medios. Además las tecnologías digitales permiten obtener mejor calidad de la imagen y mayor longevidad de las grabaciones. Los tiempos de grabación son mayores que en las tecnologías analógicas gracias a los algoritmos de compresión dentro de los dispositivos y las secuencias de video, junto con el hecho de que puede accederse a las grabaciones instantáneamente donde se requiera siempre y cuando las políticas de seguridad del sistema de televigilancia implementado lo permitan.

Por otra parte, esta influencia de la industria de las tecnologías de la información ha conducido los esfuerzos de los fabricantes de cámaras, los proveedores de almacenamiento y los diseñadores de dispositivos de procesamiento de imágenes

hacia la posibilidad de interpretar y comunicar el video en múltiples plataformas y protocolos.

Esta adaptabilidad hace que los sistemas de televigilancia abran el espacio a las tecnologías inalámbricas para la transmisión de las señales de video, como lo son los enlaces de microondas y las WLAN, las cuales le proveen a los sistemas de televigilancia las concepciones de ausencia de cableado y movilidad; y es bajo esta perspectiva de aplicabilidad de las tecnologías inalámbricas y de Fibra óptica que el presente proyecto se realiza.

Para la realización del diseño se llevaron a cabo diferentes etapas de análisis y desarrollo, que permitieron recopilar y estudiar las necesidades del entorno sobre el que se generaría este diseño, estableciendo los parámetros iniciales de consideraciones que posteriormente, contribuyan junto con las concepciones de las tecnologías inalámbricas al establecimiento de un diseño final.

3.2 ANÁLISIS DEL ENTORNO

La primera etapa desarrollada para establecer el diseño del sistema de Televigilancia del Aeropuerto Palonegro de Bucaramanga, que permita mantener la visualización por medio de cámaras de video en tiempo real de los equipos de ayudas a la navegación aérea en la central de control, es el análisis del entorno, en el cual se recopiló la información referente al sistema actual de vigilancia, de tal forma que sirva de fundamento para el análisis de posibles soluciones y las condiciones físicas de la zona en la cual se implementará el diseño en un futuro, para establecer las necesidades y factores que afectan al sistema diseñado, como son el alcance, la cobertura, los protocolos de transmisión, la posible interferencia, entre otros.

El sistema de ayudas a la navegación aérea consta de cuatro equipos ubicados alrededor de la pista de aterrizaje, el localizador, la senda de planeo, el VOR y la central eléctrica; de los cuales solo el VOR y la central eléctrica se encuentran instalados, el localizador y la senda de planeo están en estudio para su instalación. Las distancias en línea recta de cada uno de los equipos a la central de control o de monitoreo se describe a continuación:

- El localizador⁷ que será instalado en la cabecera 3.4⁸, a una distancia aproximada de 1530 mts en línea recta.
- la senda de planeo⁹, que será instalada en la cabecera 1.6¹⁰ aproximadamente a 1180 mts en línea recta.
- el VOR (Radiofaro Omnidireccional)¹¹ que se encuentra a una distancia de 670 mts en línea recta.
- La central eléctrica que se encuentra a una distancia de 200 mts .

El objetivo de este trabajo por lo tanto es establecer las características del terreno de acuerdo a la ubicación de cada uno de los equipos y con esto establecer la mejor tecnología de comunicación. En la figura 6 se muestra una aproximación del entorno de trabajo para el desarrollo de este diseño.

Como se observa en la figura 6 la ubicación del localizador, la senda de planeo y el VOR permiten concluir que la opción más viable en cuanto a costo, comodidad y mantenimiento es un enlace inalámbrico. Para esto se debe tener en cuenta que cada uno de estos equipos va a estar dentro de un shelter¹² metálico con

⁷ El localizador es un dispositivo que hace parte del ILS (Sistema de Aterrizaje por Instrumentos) y su función es determinar la alineación derecha- izquierda en relación a la pista del avión.

⁸ La cabecera 3.4 es la ubicación sur de la pista

⁹ La Senda de Planeo es un dispositivo que hace parte del ILS y su función es definir el ángulo de descenso del avión.

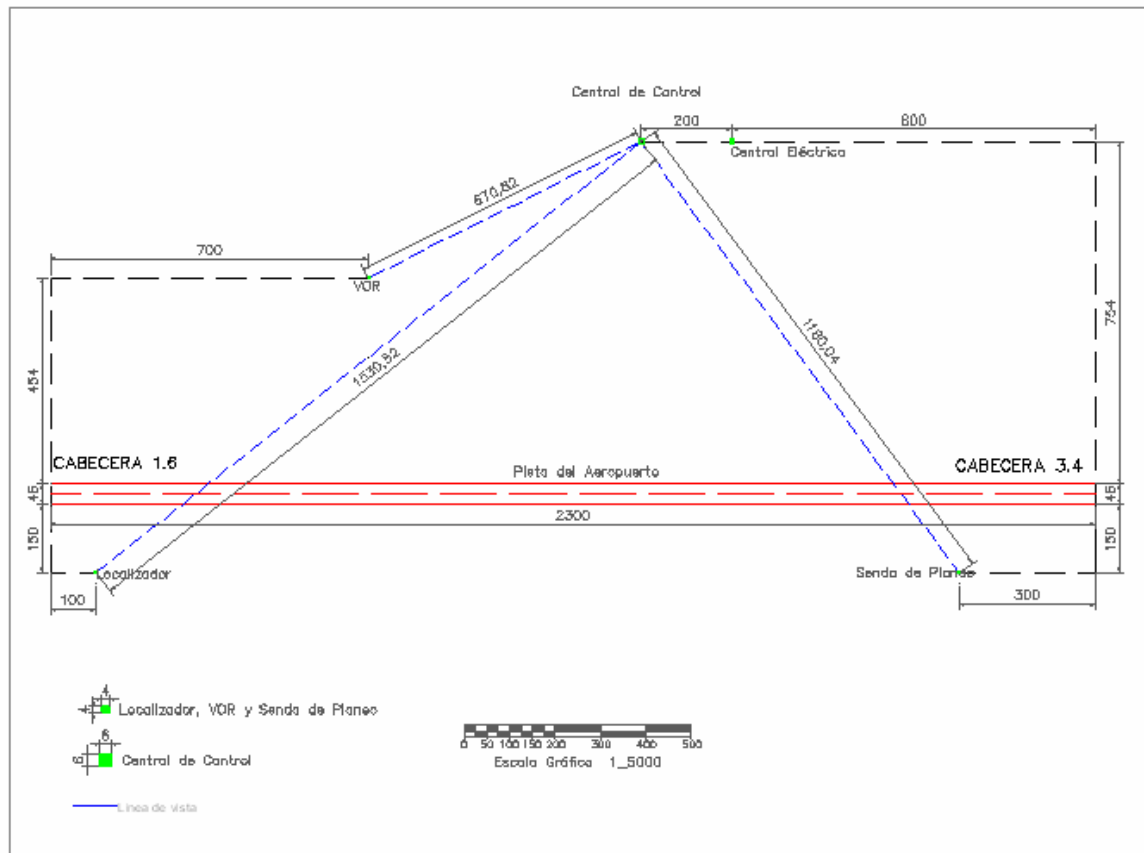
¹⁰ La cabecera 1.6 es la ubicación norte de la pista

¹¹ El VOR es un sistema de posicionamiento

¹² Shelter: es una caseta metálica de dimensiones 4x5x4 mts. dentro de la cual se ubican el localizador, el VOR y la senda de planeo.

dimensiones aproximadas de 4 x 5 x 4 mts, el cual cuenta con la alimentación y la iluminación necesaria para conectar un sistema de televigilancia, que permita la visualización de cada uno de los equipos en tiempo real en la central de monitoreo.

Figura 6. Entorno del Aeropuerto Palonegro de Bucaramanga



En el análisis de ubicación y recursos existentes de la central eléctrica se encontró que esta cuenta con un enlace de fibra óptica, el cual puede ser utilizado para la transmisión de video a la central de monitoreo.

Para finalizar el estudio del análisis del entorno y dar inicio a la siguiente etapa se debe tener en cuenta el análisis del sistema de vigilancia analógico existente estudiado en el capítulo dos.

3.3 OPCIONES DE DISEÑO

Esta etapa se presenta dado que con el análisis del entorno y teniendo en cuenta que ya existe un sistema de vigilancia, surgieron diferentes opciones de diseño. Para escoger la solución óptima a las necesidades del Aeropuerto se debe establecer un criterio de selección que permita observar de manera clara que es lo más viable para el aeropuerto.

Como criterio de selección se escogió el análisis DOFA¹³, dado que este permite hacer una visualización de las debilidades y fortalezas a la hora de analizar el presente de la situación y las oportunidades y amenazas de la situación a largo plazo.

A continuación se presentan las tres posibles soluciones de diseño:

- a. Ampliar el sistema actual de vigilancia. Esto es, mantener toda la estructura actual y anexarle el nuevo sistema de cámaras de cada uno de los equipos de ayudas a la navegación aérea.
- b. Ampliar el sistema actual de vigilancia cambiando el registro analógico por digital, es decir, anexar el nuevo sistema de cámaras de cada uno de los equipos de ayudas a la navegación aérea al sistema actual de vigilancia, cambiando la grabación analógica por digital.
- c. Diseñar un sistema de televigilancia digital independiente de la red analógica. Es decir el sistema analógico no tiene nada que ver con el nuevo diseño.

¹³ DOFA, es un criterio de selección el cual muestra Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas.

En la siguiente tabla se presenta el análisis DOFA de cada unas de las propuestas de diseño:

Tabla 5. ANÁLISIS DOFA

	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
a.	<ul style="list-style-type: none"> -Precisan mantenimiento constante. -El almacenamiento está limitado a las pocas tecnologías de cintas. - No permite el acceso remoto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor coste total de propiedad al aprovechar la infraestructura actual. 		<ul style="list-style-type: none"> - Son difíciles para integrar con otros sistemas. -Incrementan los costes por mantenimiento.
b.	<ul style="list-style-type: none"> -Mantenimiento constante. -No permite acceso remoto. 	<ul style="list-style-type: none"> -Menor coste total de propiedad al aprovechar la infraestructura actual. 	-Capacidad de almacenamiento	-son difíciles de integrar con otros sistemas.
c.		<ul style="list-style-type: none"> -Mayor potencial de integración a otros sistemas. -Costo muy bajo de mantenimiento. -La visualización se puede hacer desde cualquier punto de la red y simultáneamente desde varias localizaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> -Facilidad de uso. -Mayor accesibilidad, almacenamiento y calidad de la imagen. -Acceso remoto protegido por contraseña. -El sistema queda 	

		-se mantiene la independencia entre las secciones de vigilancia y mantenimiento técnico.	controlado por el área de mantenimiento y no por el de vigilancia.	
--	--	--	--	--

El análisis de la Matriz DOFA arrojó los siguientes resultados para cada una de las propuestas.

La primera alternativa tiene tres debilidades, cero fortalezas, una oportunidad y dos amenazas. Lo más relevante de esta propuesta es su debilidad para permitir acceso remoto, esto la hace insuficiente para el desarrollo del presente proyecto.

La segunda alternativa tiene dos debilidades, una fortaleza, una oportunidad y una amenaza. Lo más relevante al igual que la anterior propuesta es su debilidad para el acceso remoto. Por lo cual es insuficiente para el desarrollo del presente trabajo.

La tercera alternativa tiene cero debilidades, cuatro oportunidades, cuatro fortalezas y cero amenazas. Por lo tanto esta es la solución óptima para las necesidades del Aeropuerto.

Finalizada esta etapa con la elección de la alternativa y teniendo claro que los enlaces a utilizar son inalámbricos y de fibra óptica se presenta a continuación el desarrollo del diseño.

3.4 ESTRUCTURA DE LA RED DE COMUNICACIÓN

El siguiente paso en la estructuración del diseño es el estudio de las concepciones más significativas de redes inalámbricas de área local y de fibra óptica, ya que estos van a ser los medios de comunicación entre las estaciones remotas y la central de control.

3.4.1 GENERALIDADES DE REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL

Los sistemas inalámbricos se han convertido en los últimos años, en una solución atractiva para aquellas organizaciones que buscan la implementación de una red de vigilancia, sin los problemas de cableado y aprovechando las ventajas de construcción y despliegue rápido de este tipo de sistemas junto con la flexibilidad y la expansión de los mismos. Además de obtener importantes beneficios en los costes frente a las soluciones cableadas.

En general una red inalámbrica consta de ciertos componentes básicos que permiten su implementación y que se describen en la siguiente sección.

3.4.2 COMPONENTES DE LAS REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL

Las redes inalámbricas dependiendo del alcance que se requiere para la aplicación presentan infraestructuras diferentes y por lo tanto componentes de red específicos para cada situación. Se puede identificar dos entornos de trabajo de una red inalámbrica: de corto alcance y de largo alcance.

En una red inalámbrica de corto alcance, es decir, aquella que se implementa para interiores donde existe cercanía entre los usuarios, como por ejemplo una oficina,

una casa o un edificio; los componentes básicos identificables son: las tarjetas inalámbricas y los puntos de acceso.

Las tarjetas inalámbricas están conectadas en cada equipo de cómputo cliente o usuario y son la interfaz de comunicación entre los usuarios y los puntos de acceso, cuya función es concentrar y redireccionar las peticiones provenientes de las diferentes tarjetas inalámbricas, de tal forma que permitan establecer una red entre las mismas y en algunos casos establecer la conexión con otras redes existentes ya sean de tipo inalámbrico o cableadas.

También existe la posibilidad de establecer redes inalámbricas de corto alcance sin necesidad de puntos de acceso. A este tipo de red se le denomina ad hoc y facilita el intercambio de información entre usuarios a distancias cortas que tengan instaladas tarjetas inalámbricas.

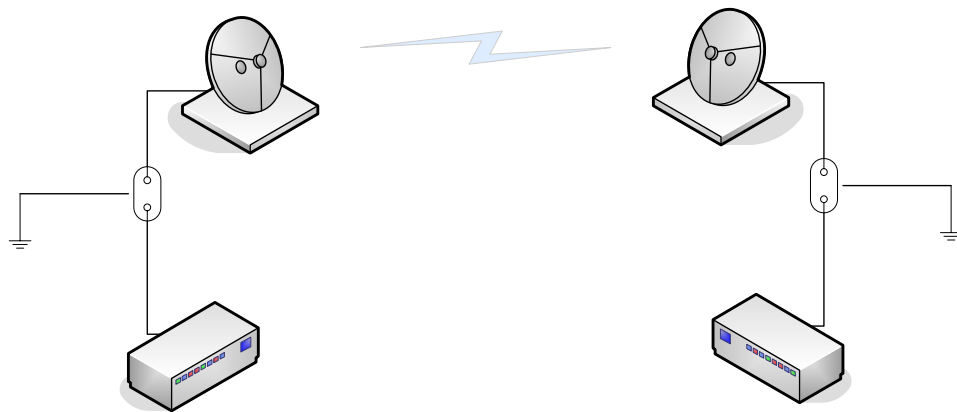
En las redes inalámbricas de largo alcance, es decir, aquellas redes empleadas para la interconexión de sitios distantes entre sí, se hace necesaria la utilización de antenas que aumenten el alcance de transmisión del sistema. Además, por el rango de frecuencias en el que se trabaja se requiere de línea de vista de radiofrecuencia RF, en el que además de contar con línea de vista óptica, es necesario tener en cuenta la llamada zona de Fresnel.

Normalmente una red inalámbrica de largo alcance está compuesta por: el punto de acceso, un cable adaptador (pigtail) y la antena. El cable adaptador permite la conexión con un cable de bajas pérdidas que lleva la señal hasta la antena (en algunos casos este cable se conecta directamente a la antena), con este fin en muchos casos se emplean soluciones de potencia sobre ethernet¹⁴ que permiten que por un cable UDP categoría 5e o superior se pueda llevar al mismo tiempo

¹⁴ Ethernet: norma o estándar (IEEE 802.3) que determina la forma en que los puertos de la red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido que se comporta como un bus lógico, independiente de su configuración física.

datos y potencia. De esta manera se puede aprovechar la distancia límite de un cable de UDP (100 metros), para hacer que el punto de acceso este más cerca de la antena y por lo tanto disminuyan las pérdidas que sufre la señal al pasar por cables y conectores. Si es necesario se utilizan amplificadores, siempre y cuando no se excedan los límites establecidos por la regulación, que para el caso Colombiano está contemplada en la Norma 689 de 2004 del Ministerio de Comunicaciones¹⁵. En la figura 7 Se ilustra la utilización de los elementos antes mencionados.

Figura 7. Componentes de un enlace externo



Fuente: NFC electrónica LTDA. Redes LAN inalámbricas. P. 96

3.4.3 TOPOLOGIAS BÁSICAS DE LAS REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL

Antena Externa

Un sistema fijo de comunicaciones inalámbricas consiste en un conjunto de antenas montadas en edificios privados o públicos, torres, mástiles u otro tipo de estructuras. La cobertura del área se lleva a cabo gracias a enlaces punto a punto o punto multipunto que conectan estaciones bases modulares estratégicamente

Cable de antena

¹⁵ Norma 689 de 2004 el Ministerio de Comunicaciones: En este norma se definieron unos rangos de frecuencia específicos para uso libre, sin ningún tipo de permiso o pago previo.

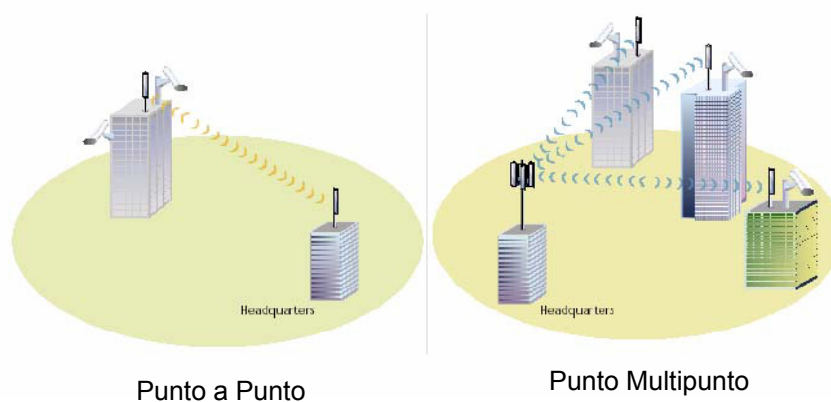
Lightning Protector

conectadas entre sí conforme las necesidades. Dichos enlaces pueden conectar cámaras de seguridad y otros equipos situados en diferentes lugares.

Las topologías utilizadas en este campo pueden clasificarse en dos tipos:

- Punto a Punto: Consiste simplemente en dos nodos comunicándose entre sí a través del aire. Es una solución excelente para proyectos en los que existe una sola cámara remota o para aquellos en los que señales de vídeo procedentes de varios emplazamientos se comunican con un centro de control a través de un único enlace.
- Punto multipunto: Usan una topología consistente en un nodo central (estación base), típicamente situado en un punto alto, y muchos nodos finales, distribuidos alrededor del primero a distancia de hasta 10 Km. Estos sistemas son modulares, por lo que posibilitan un crecimiento de acuerdo a las necesidades, tanto en lo que a ancho de banda se refiere como al número de emplazamientos.

Figura 8. Topologías básicas de las redes inalámbricas de área local



Fuente: NFC electrónica LTDA. Redes LAN inalámbricas. P. 78

3.4.4 GENERALIDADES DE LA FIBRA ÓPTICA

A finales de los años 70 y principio de los 80, el refinamiento de los cables ópticos y el desarrollo de fuentes de luz y detectores de bajo costo y alta calidad; abrieron la puerta al desarrollo de sistemas de comunicación de fibra óptica de alta calidad, capacidad y eficiencia.

Un sistema de transmisión por fibra óptica preserva únicamente la calidad de las señales de video y suministra un alto nivel de seguridad. La fibra óptica transmite a mayores anchos de banda y con menores pérdidas. Opera a distancias cinco veces más grandes que las del cable coaxial y permite acomodar múltiples cámaras en un sistema de vigilancia con la opción de incluir audio y señales adicionales de datos.

El ancho de banda de la fibra óptica permite transmitir datos, voz, video etc. Aunque en la actualidad se están utilizando velocidades de 1.7 GHz en las redes públicas, la utilización de redes más altas (luz visible) permitirá alcanzar los 39GHZ. Una sola fibra de 0.125 pulgadas soporta múltiples señales simultaneas, mucho más que con el cable convencional de cobre. Además, el alto ancho de banda de la fibra permite transmitir audio y video de calidad de difusión que toma ventaja total de las actuales cámaras de alta resolución y grabadoras digitales.

Como la fibra presenta una altísima relación de señal-ruido, las imágenes de video conservan alta resolución, detalle, contraste y color, cuando son transmitidas sobre largas distancias o a través de diferentes equipos de transmisión. Además la fibra facilita el control en tiempo real sobre cámaras PTZ¹⁶ remotas.

¹⁶ PTZ son propiedades de movimiento Altitud, Azimuth y el zoom de algunas cámaras de video.

3.4.5 COMPONENTES DE LA FIBRA ÓPTICA

Un sistema de transmisión óptico tiene tres componentes: la fuente de luz, el medio de transmisión y el detector. Convenientemente, un pulso de luz indica un bit 1 y la ausencia de luz indica un bit 0. El medio de transmisión es una fibra de vidrio ultra delgada. El detector genera un pulso eléctrico cuando la luz incide en él. Al agregar una fuente de luz en un extremo de una fibra óptica y un detector en el otro, se tiene un sistema de transmisión de datos unidireccional que acepta una señal eléctrica, la convierte y transmite mediante pulsos de luz, luego, reconvierte la salida a una señal eléctrica en el extremo receptor.

Dada la estructura de los componentes de red para establecer la comunicación de los sistemas de televigilancia de cada uno de los equipos de ayudas a la navegación aérea con la central de control, se presenta a continuación el diseño final.

3.5 DISEÑO DE LA RED DE TELEVIGILANCIA

Teniendo en cuenta lo analizado en las fases anteriores y la experiencia ganada en sistemas de televigilancia se definió que en la estación remota debe existir la cámara, la antena y un dispositivo que sirva de interfaz entre estos dos. En la estación de control debe existir la antena que recoge la información de las estaciones remotas, un computador en función de servidor y una interfaz entre estos dos. La comunicación entre los sitios remotos y la central se establece a través de Wi-Fi o de fibra óptica. A continuación se presenta en detalle el diseño final.

3.5.1 NIVEL 3: ESTACIÓN REMOTA

Como el objetivo de este nivel es recoger información de los sistemas de ayudas a la navegación aérea, para luego transmitirla a la central de monitoreo, se establecieron los siguientes dispositivos: la cámara, el Access Point y la antena.

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de estos dispositivos, y se presentan definiciones de los parámetros más importantes a la hora de implementar este diseño.

- **CÁMARA**

Comenzando con la primera webcam del mundo en 1991, preparada para monitorizar remotamente el nivel de café de la Universidad de Cambridge, el mercado y el uso de la tecnología de las cámaras de red ha aumentado considerablemente. Los últimos avances han permitido que las cámaras estén provistas del protocolo IP y soporten los estándares de conexión inalámbrica como el 802.11, con lo cual las cámaras pueden estar conectadas directamente a una red.

Examinemos más a profundidad el proceso que realiza la cámara para llevar a cabo la captura de la imagen.

La lente de la cámara enfoca el objeto en el sensor de imagen, en algunos casos (CCD¹⁷). Este convierte la imagen, que está compuesta por información lumínica, en señales eléctricas. Estas señales eléctricas se encuentran ya en formato que puede ser comprimido y transferido a través de una red. Las funciones de la cámara gestionan la exposición (el nivel de luz), el equilibrio de blancos (el ajuste de los niveles de color), la nitidez de la imagen y otros aspectos de la calidad de la misma. Estas funciones están a cargo del controlador de la cámara y del chip de

¹⁷ Charge Coupled Device

compresión de video. La imagen digital se comprime para permitir la transferencia eficiente a través de la red.

Para almacenar y transmitir imágenes a través de una red, los datos deben estar comprimidos. Si el ancho de banda es limitado la cantidad de información que se envía debe ser reducida bajando el número de frames por segundo o bajando la calidad de la imagen. Existen múltiples estándares de compresión que resuelven el número de frames por segundo y calidad de la imagen de diferentes formas. De los estándares más comunes están el JPEG y el MPEG con sus evoluciones.

Por lo general cuando hablamos de baja calidad de la imagen está relacionada con la insuficiencia de luz. Con un nivel bajo de luz, el nivel de colores será sombrío y las imágenes borrosas. El nivel de luz se mide en Lux. La luz solar fuerte tiene aproximadamente 100.000 Lux, la luz diurna tiene aproximadamente 10.000 Lux y la luz de una vela aproximadamente 1 Lux. Las imágenes brillantes deben ser evitadas porque pueden resultar sobre-expuestas y por tanto los objetos que la conforman muy oscuros. La cámara ajusta la exposición para conseguir una buena media de luz para la imagen, pero el contraste de color entre el objeto y el fondo influye en la exposición. Para evitar este problema los objetos oscuros pequeños deben colocarse delante de un fondo oscuro para conseguir el color y el contraste correctos.

Para satisfacer las necesidades de este proyecto se estableció que la cámara debe ser fija y cumplir con las siguientes especificaciones técnicas mínimas:

- **Tamaño del sensor o formato del sensor:** el tamaño del área activa del sensor de una cámara está generalmente especificada en la dimensión horizontal. Este es un parámetro importante para determinar la ampliación primaria de la imagen (PMAG Primary Magnification) requerida para

obtener el campo de visión deseado. el tamaño del sensor puede ser de un 1/3" o 1/4 debido a la necesidad de detalle de la escena registrada.

- **Resolución:** Es la medida de la habilidad del sistema de imágenes para producir detalles de los objetos registrados. La resolución mínima de 640x480.

- **Distancia de trabajo:** Es la distancia mínima desde el lente hasta el objeto a registrar. Para este trabajo la cámara estará fija ubicada dentro del shelter a una distancia aproximada de 50 cm.

- Sensibilidad mínima de 1 lux.

- Relación señal a ruido mayor a 48 dB

- Salida de video de 1Vpp sobre 75 ohm.

Para gestionar la comunicación con la red se utiliza el Access Point entre la cámara y la antena. A continuación se presenta un breve resumen de este dispositivo el cual establece el enlace con la central de monitoreo.

ACCESS POINT

El punto de acceso une la red LAN con cable y la red LAN inalámbrica. Este coordina la transmisión y recepción de múltiples dispositivos inalámbricos dentro de una extensión específica.

Para el desarrollo de este trabajo esta tecnología está basada en el estándar 802.11g y en la fibra óptica. La función de este dispositivo por lo tanto es adecuar las señales entre los extremos de la red para poderlas transmitir.

Se tendrán dos tipos de puntos de acceso, uno remoto y otro central. El equipo remoto será la interfase entre los dispositivos de la estación remota y la red de comunicación. El equipo central extrae la información de la red y la entrega a los dispositivos de supervisión en la central de monitoreo.

Los parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de escoger el equipo se establecen a continuación:

- Debe soportar el estándar 802.11g
- Conector para antena externa compatible con el conector de la antena externa.
- Velocidad de transmisión debe ser la del estándar 802.11g.
- Puertos disponibles para expandir el sistema.
- Compatibilidad con productos que operen bajo el estándar 802.11b y 802.11g
- Fuente de alimentación
- Protocolos de seguridad

ANTENA

La misión de la antena es ampliar el rango de cobertura del enlace inalámbrico para establecer conexión entre la estación remota y la central de monitoreo. Una

de las características fundamentales de una antena es su capacidad para radiar con una cierta direccionalidad, es decir, para concentrar la energía radiada en ciertas direcciones del espacio. Será por tanto conveniente cuantificar este comportamiento con algún parámetro que nos permita establecer una comparación entre distintas antenas.

Para el desarrollo de este proyecto se requiere que las antenas sean direccionales, con ángulos de cobertura que varían de acuerdo al punto donde se esté instalando, es decir para la central se requiere que el ancho del haz cubra las tres cámaras dispuestas en la pista, mientras que las de las estaciones solo deben cubrir la antenas ubicada en la central. Esto se da para tener un cubrimiento espacial adecuado de las señales radiadas en este diseño. Los tipos de antenas direccionales en la banda de 2.4 GHz, figura 9, son: Yagui, Grilla Semiparabólica, Panel Direccional. Estas antenas son usadas en configuraciones punto a punto y punto multipunto.

Figura 9. Tipos de antenas direccionales

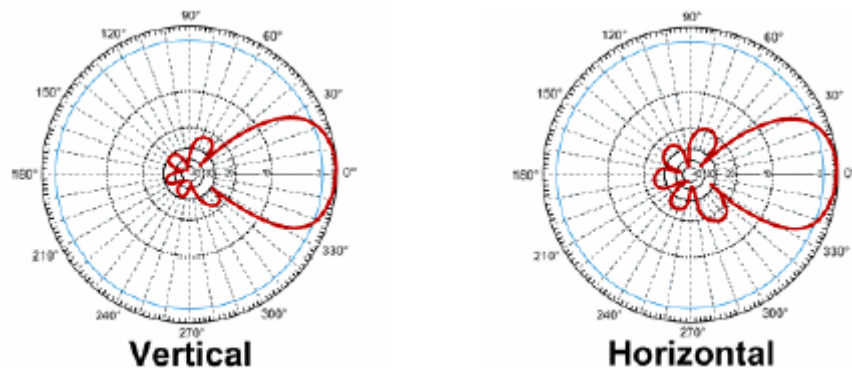


Fuente: NFC electrónica LTDA. Redes LAN inalámbricas. P. 82

A continuación se presentan las características a considerar para la buena selección de las antenas, al momento de implementar este diseño.

- **Patrón de Radiación o Directividad:** es el cubrimiento espacial que tiene la señal radiada. En la figura 10 se presenta el patrón de radiación de una antena direccional, este patrón consta de un lóbulo principal y unos secundarios, entre más delgado sea el lóbulo principal más directiva es la antena. Para este caso se requiere que el patrón de radiación vertical como horizontal sean muy directivos, para que la señal radiada sea menos sensible a interferencias.

Figura 10. Patrón de radiación de una antena direccional



Fuente: NFC electrónica LTDA. Redes LAN inalámbricas. P. 83

- **Ganancia:** La ganancia de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia entregada en una dirección, a una distancia dada, y la densidad de potencia que entregaría a esa misma distancia una antena isotrópica¹⁸ que radiase la misma potencia que la antena. Este valor depende directamente de la potencia de transmisión y de los factores mostrados en la ecuación (3.1). Con una sensibilidad de -80 dB y con una potencia de transmisión de 13dBm, a una distancia de 1.5 Km, la ganancia de las antenas transmisora y receptora mínima para que el enlace funciones debe

¹⁸ Antena isotrópica: modelo teórico de una antena que propaga una señal en todas las direcciones con la misma potencia. Patrón de radiación esférico.

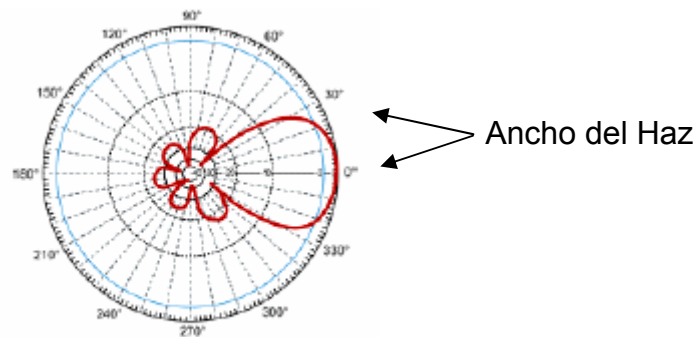
ser de 19dBi. Por lo tanto este valor depende de la sensibilidad y potencia del dispositivo transmisor.

- **Polarización:** la polarización de una antena se refiere sólo a la orientación del campo eléctrico radiado desde ésta. Una antena puede polarizarse en forma lineal que es horizontal o vertical y en forma elíptica o circular. Para este caso la polarización es horizontal o vertical dependiendo de la ubicación de las antenas a la hora de implementar este diseño.
- **Conectores:** se debe verificar que el conector de la antena sea igual al del Access Point para que puedan establecer comunicación.
- **Ancho de banda:** es el intervalo de frecuencias, en el que un parámetro de antena determinado no sobrepasa unos límites prefijados. Puede ser definido respecto a múltiples parámetros: diagrama de radiación, directividad, impedancia, etc. El ancho de banda de la antena lo impondrá el sistema del que forme parte y afectará al parámetro más sensible o crítico en la aplicación. Para su especificación los parámetros pueden dividirse en dos grupos, según se relacionen con el diagrama o con la impedancia. En el primero de ellos tenemos la directividad, la pureza de polarización, el ancho de haz, el nivel de lóbulo principal a secundario y la dirección de máxima radiación. En el segundo, la impedancia de la antena, el coeficiente de reflexión y la relación de onda secundaria. Como el ancho de banda lo impone el sistema del que forme parte la antena, para este caso al utilizar el estándar 802.11g el valor es de 22MHz.
- **Estándares de comunicación:** que soporte el estándar 802.11g.
- **Impedancia:** es la relación entre corriente y voltaje en el punto de entrada de la antena. La impedancia de la antena debe ser igual a la impedancia de

la línea de transmisión que la alimenta (cable), para que exista máxima transferencia de potencia. Generalmente las antenas de radiofrecuencia tienen una impedancia de 50Ω .

- **Ancho del haz:** es el ángulo de cobertura de una antena direccional. Este se determina a partir de la posición en la cual la potencia de la señal emitida ha caído 3dB con respecto a la potencia máxima radiada por la antena en el centro de haz. En el diagrama de campo es la excursión angular entre las direcciones en las que el valor del campo ha caído 0.707 del valor máximo.

Figura 11. Ancho del haz de una antena



Fuente: NFC electrónica LTDA. Redes LAN inalámbricas. P. 26

Presentado el análisis de cada uno de los elementos que conforman la estación remota, se presenta a continuación el nivel de transmisión de datos.

3.5.2 NIVEL 2: RED DE TRANSMISIÓN DE DATOS

En este nivel se establece la comunicación entre las estaciones remotas y la central de control. Tras el estudio de las etapas anteriores se concluyó que el enlace de las estaciones remotas del localizador, senda de planeo y VOR es inalámbrico y el de la central eléctrica es por fibra óptica. Inicialmente se analiza el estándar 802.11g el cual fue seleccionado para los enlaces inalámbricos para posteriormente analizar el de fibra óptica.

El estándar 802.11 define varios métodos y tecnologías de transmisión para implantaciones de LAN inalámbricas. Este estándar no solo engloba la tecnología de radiofrecuencia si no también la de infrarrojos. Asimismo, incluye varias técnicas de transmisión como:

- Modulación por saltos de frecuencia (FHSS)
- Espectro expandido de secuencia directa. (DSSS)
- Multiplexación por división de frecuencia ortogonales (OFDM)

Todos estos enfoques distintos tienen la misma capa MAC¹⁹ implantada. La capa MAC IEEE 802.11 no sólo gestiona y coordina el acceso al canal de transmisión, sino que hasta cierto punto se encargan de la autenticación y otras tareas de administración y seguridad. La mayoría de productos WLAN de 11 Mbps utilizan tecnología de RF y se sustentan en DSSS para la comunicación.

El estándar 802.11g, el que se va a utilizar para este diseño, alcanza velocidades más altas y es compatible con los equipos 802.11b ya existentes. El 802.11g opera en la misma banda de frecuencias de 2.4 GHz y con los mismos tipos de modulación DSSS que el 802.11b a velocidades de hasta 11 Mbps, mientras que a velocidades superiores utiliza tipos de modulación OFDM más eficientes. DSSS se diseñó especialmente para garantizar las transmisiones, que con esta técnica son seguras, sólidas y menos propensas a las interferencias.

¹⁹ La capa MAC es la encargada de controlar el acceso al medio.

Además de los potentes mecanismos de DSSS y de las técnicas de autorización del estándar IEEE 802.11, existen técnicas de seguridad basadas en las direcciones MAC. Estos filtros se pueden configurar en el punto de acceso, donde permiten efectuar un control muy eficaz de todas las comunicaciones que pasan por dicho punto.

Si los clientes desean niveles de seguridad más altos, se pueden añadir mecanismos y soluciones suplementarias. Algunas de estas soluciones pueden ser programas de autorización, redes VPN²⁰ o grandes sistemas de firewall.

El enlace de fibra óptica se estableció con el fin de reutilizar el enlace ya existente en la ubicación de la central eléctrica. Por lo tanto a continuación se presentan algunos aspectos importantes a la hora de configurar la fibra para establecer el enlace de este diseño.

La luz puede propagarse por un cable de fibra óptica, por reflexión o refracción. Como se propaga la luz depende del *modo* de propagación y el *perfil del índice* de la fibra.

La palabra *modo* significa trayectoria. Si existe una trayectoria se habla de *monomodo*. Si hay más de una trayectoria se habla de *multimodo*.

El perfil del índice, es una representación gráfica del valor del índice de refracción, a través de la fibra. Hay dos tipos básicos de perfiles de índice: escalonado y gradual. El escalonado tiene un núcleo central, con un índice de refracción uniforme. En el índice gradual no hay cubierta y el índice de refracción del núcleo no es uniforme.

²⁰ VPN o Redes Virtuales Privadas, se les llama privadas por que se establecen exclusivamente entre el emisor y el receptor de la información. Son virtuales por que no se necesita un medio físico directo entre los puntos comunicantes.

Existen tres tipos de configuraciones de fibra óptica: monomodo, índice escalonado y índice gradual. A continuación se presenta una comparación entre los tres, analizando ventajas y desventajas con el fin de ofrecer un mayor soporte a la hora de implementar este diseño.

Tabla 6. Fibra de índice escalonado monomodo

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Hay una dispersión mínima, debido a que todos los rayos propagándose por la fibra toman aproximadamente la misma trayectoria, tardan la misma cantidad de tiempo en viajar por el cable. En consecuencia, un pulso de luz entrando al cable puede reproducirse muy exacto en el lado del receptor.	Debido a que el núcleo central es muy pequeño, es difícil de acoplar la luz, dentro y fuera de este tipo de fibra. La apertura de fuente a fibra es la más pequeña de todos los dos tipos de fibra, por lo que se requiere de una fuente de luz altamente directiva como un laser para acoplar.
Debido a la alta exactitud en la reproducción de los pulsos transmitidos en el lado de recepción, los anchos de banda, más grandes y las velocidades de transmisión de información, más altas, son posibles con este tipo de fibras.	Son costosas y de difícil fabricación.

Tabla 7. Fibra de índice escalonado multimodo

VENTAJAS	DESVENTAJAS
----------	-------------

Son baratas y sencillas de fabricar	Los rayos de luz utilizan muchas trayectorias diferentes por las fibras, lo cual resulta en grandes diferencias en sus tiempos de propagación. En consecuencia, un pulso de luz se distorsionará más que en otros tipos de fibra.
Es fácil acoplar dentro y fuera de las fibras, ya que tienen un apertura de fuente a fibra relativamente grande.	El ancho de banda y razón de transferencia de datos posibles, con este tipo de cable, son menores que con los otros tipos

Fibra de índice gradual multimodo

Esencialmente, no hay ventajas o desventajas sobresalientes en este tipo de fibra, ya que se considera una fibra intermedia comparada con los anteriores tipos.

Las pérdidas de transmisión son una de las características más importantes de la fibra. A continuación se nombran las mas predominantes:

1. por absorción
2. por dispersión de Rayleigh o materiales
3. dispersión cromática o de longitud de onda
4. por radiación
5. dispersión modal
6. por acoplamiento

Todas las características antes mencionadas sobre el estándar 802.11g y la fibra óptica deben tenerse en cuenta a la hora de implementar este diseño, ya que la configuración de cada uno de los dispositivos de acuerdo a las condiciones existentes, son fundamentales para el buen desempeño del sistema diseñado.

Por último se presentan los dispositivos de red correspondientes a la central de control, la cual tiene como objetivo visualizar y controlar el entorno de cada una de las cámaras instaladas en los sistemas de ayudas a la navegación aérea.

3.5.3 NIVEL 1: CENTRAL DE MONITOREO

El objetivo principal de este nivel es obtener el video en tiempo real de cada una de las estaciones remotas y mantener el control de las mismas. La estructura de este nivel consta de los siguientes dispositivos de red: Antena, Access Point y PC servidor. Para el caso del enlace de fibra óptica se elimina la antena.

De los dispositivos antes mencionados, la antena y el Access Point tienen como funciones las mismas que se establecieron para el nivel de las estaciones remotas, haciendo la salvedad que el ancho del haz debe ser mayor que el de las estaciones remotas, ya que este debe contener a todas las estaciones remotas. Por lo tanto la antena es la encargada de dar el alcance necesario para establecer el enlace y el Access Point es la interfaz entre el PC servidor y la antena.

El PC servidor hace referencia a un servidor para video que está conectado a una red de equipos de computo con una red de área local. Un servidor de video puede ofrecer video en directo, de forma automática o bajo petición, a un navegador web o a otras aplicaciones profesionales de seguridad. Un servidor de video en una red ofrece una amplia variedad de capacidades de monitorización y vigilancia al distribuir video en directo a cualquier lugar con conexión a la red.

La tecnología del servidor de video aporta los principales beneficios de un sistema digital en red. A continuación se presentan algunos de estos beneficios:

- Acceso remoto a imágenes utilizando la red IP o cualquier otra red de área local, esto elimina la necesidad de monitores de seguridad dedicados en una oficina central.
- Fácil integración con otros sistemas y aplicaciones.
- Menor coste total de propiedad, al aprovechar infraestructuras de red y equipos existentes.
- Crea un sistema preparado para el futuro.
- Capacidad de búsquedas rápidas y sencillas de imágenes ya almacenadas.

El servidor de video puede conectarse a la red de varias formas, algunas de ellas se muestran a continuación.

- A través de una red de área local cableada o inalámbrica.
- A través de una conexión xDSL²¹
- A través de un MODEM estándar
- A través de un MODEM telefónico móvil

Los servidores de video se conectan de forma fácil a cualquier red existente y permiten actualizaciones en tiempo real de vídeo de alta calidad para que sea accesible desde cualquier equipo de la red. Las localizaciones sensibles son monitorizadas remotamente de forma sencilla y económica a través de la red local o Internet.

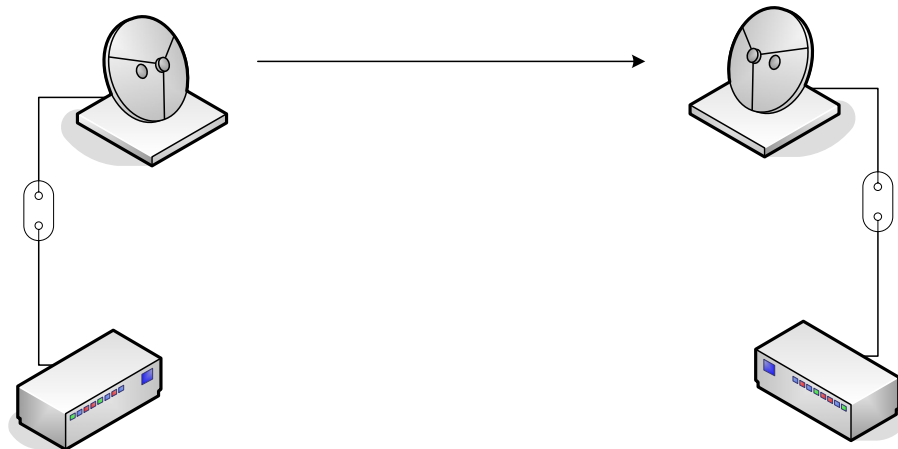
Con esto se finaliza el análisis de dispositivos para el desarrollo de este trabajo y a continuación se establecen los cálculos matemáticos a tener en cuenta a la hora de implementar y escoger los dispositivos de cada uno de los niveles que conforman el diseño actual.

²¹ xDSL: Línea Digital de Suscriptores

3.6 PARAMETROS DE DISEÑO PARA LAS REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL EN EL AEROPUERTO PALONEGO DE BUCARAMANGA

Cuando se establece la comunicación inalámbrica de largo alcance entre dos puntos, se debe tener en cuenta el siguiente principio: al conectarse una antena del tamaño apropiado a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas pueden ser difundidas de manera eficiente y ser captadas por un receptor a una cierta distancia. En la figura 12 se muestra un esquema de los niveles de señal que se presentan en un enlace inalámbrico.

Figura 12. Nivel de señal recibida por el receptor.



Fuente: NFC electrónica LTDA. Redes LAN inalámbricas. P. 96

RSL corresponde al nivel de señal que llega al receptor y está dado por la siguiente ecuación:

$$RSL = P_{TX} - P_{cableTX} + G_{AntenaTX} - L_o + G_{AntenaRX} - P_{CableRX} - 10dB \quad (3.1)$$

donde L_o es el cálculo de pérdidas en espacio libre, P_{TX} es la potencia de transmisión, para este caso 13dBm; $P_{cableTX}$ son las pérdidas por cables y conectores del transmisor, aproximadamente 2.5 dB; $G_{AntenaTX}$ es la ganancia de la antena transmisora, 18 a 19 dBi ; y los 10 dB son un margen de tolerancia que se establece por otras pérdidas.

La sensibilidad del receptor que en este caso es tanto las estaciones remotas como la central de control y el margen dinámico, son los parámetros más trascendentales a la hora de verificar si un enlace inalámbrico funciona.

La sensibilidad es el mínimo nivel de señal que debe llegar para que la señal sea reconocible. Se mide en dBm. Para este caso el rango de valores debe estar entre -70 y -80 dBm

El margen dinámico (MD) es la cantidad de señal que se recibe por encima del nivel de sensibilidad del receptor, por lo tanto entre mayor sea, mayor confiabilidad tendrá el enlace y está dado por:

$$MD = RSL - sensibilidad \quad (3.2)$$

El MD mínimo recomendado depende de la distancia del enlace y está dado por:

$$MD_{\text{mínimo}} = 5.25 + 11\text{Log}(d) \quad (3.3)$$

donde d está dado en Km.

Para este trabajo se requieren tres enlaces inalámbricos y para cada uno de ellos se estableció el MD mínimo aproximado, ya que no se cuenta con las distancias verdaderas, porque los equipos aun no están instalados; estas medidas se

tomaron de los planos entregados por la Aerocivil, con la asesoría de los ingenieros a cargo de este proyecto.

➤ Para el localizador $MD_{\text{mínimo}} = 5.25 + 11\log(1.53) = 7.28\text{dB}$ (3.4)

➤ Para la senda de planeo $MD_{\text{mínimo}} = 5.25 + 11\log(1.18) = 6.04\text{dB}$ (3.5)

➤ Para el VOR $MD_{\text{mínimo}} = 5.25 + 11\log(0.67) = 3.34\text{dB}$ (3.6)

Para que el enlace funcione correctamente el MD debe ser mayor que el $MD_{\text{mínimo}}$. Como se observa en la ecuación (3.7). Esto se debe tener en cuenta a la hora de escoger los equipos para la implementación del presente diseño.

$$MD = RSL - \text{sensitividad} > MD_{\text{mínimo}} = 5.25 + 11\log(d) \quad (3.7)$$

Con los valores antes mencionados y teniendo en cuenta los requerimientos de cada uno de los equipos expuestos anteriormente, se hallan los valores de L_o y RSL para establecer el MD para compararlo con el $MD_{\text{mínimo}}$ y verificar si el enlace funciona.

A continuación se halla el RSL para cada uno de los enlaces inalámbricos.

➤ Para el localizador:

$$RSL = 13\text{dBm} - 2.5\text{dB} + 19\text{dBi} - 103.6981 + 19\text{dBi} - 2.5\text{dB} - 10\text{dB} = -67.7$$

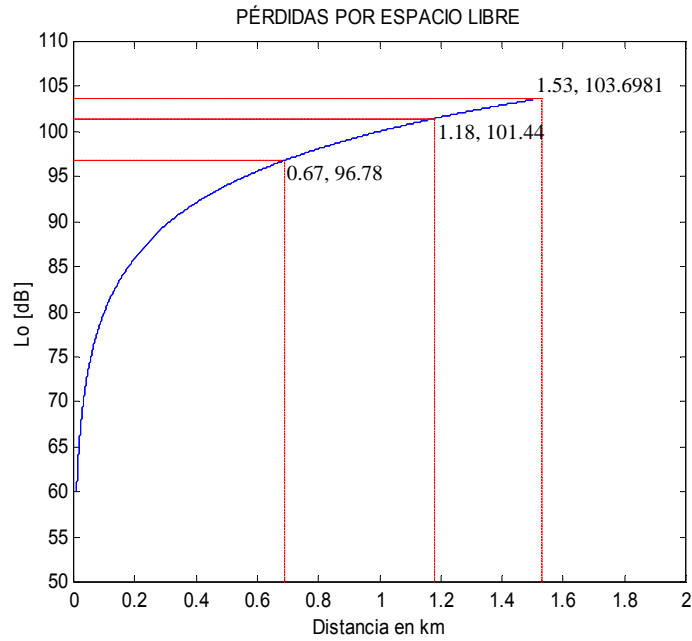
➤ Para la senda de planeo:

$$RSL = 13\text{dBm} - 2.5\text{dB} + 19\text{dBi} - 101.44 + 19\text{dBi} - 2.5\text{dB} - 10\text{dB} = -65.44$$

➤ Para el VOR:

$$RSL = 13\text{dBm} - 2.5\text{dB} + 19\text{dBi} - 96.78 + 19\text{dBi} - 2.5\text{dB} - 10\text{dB} = -60.78$$

Figura 13. cálculo de pérdidas por espacio libre.



Con estos valores se prosigue al cálculo de la ecuación 3.7

➤ Para el localizador:

$$MD = -67.7 - (-80) > MD_{\text{mínimo}} = 7.28dB$$

$$12.3 > 7.28$$

➤ Para la senda de planeo:

$$MD = -65.44 - (-80) > MD_{\text{mínimo}} = 7.28dB$$

$$14.56 > 7.28$$

➤ Para el VOR:

$$MD = -60.78 - (-80) > MD_{\text{mínimo}} = 7.28dB$$

$$19.22 > 7.28$$

Para el cálculo de la primera zona de Fresnel se debe cumplir como mínimo que el 60% de esta zona esté libre de obstáculos.

➤ Para el localizador: $w_{F1} = \frac{\sqrt{\lambda r}}{2} = \frac{\sqrt{0.1 * 1530}}{2} = 6.2mts$

El 60% entonces $w_{F1} = 3.71mts$

➤ Para la senda de planeo:

El 60% entonces $w_{F1} = 3.26mts$

➤ Para el VOR:

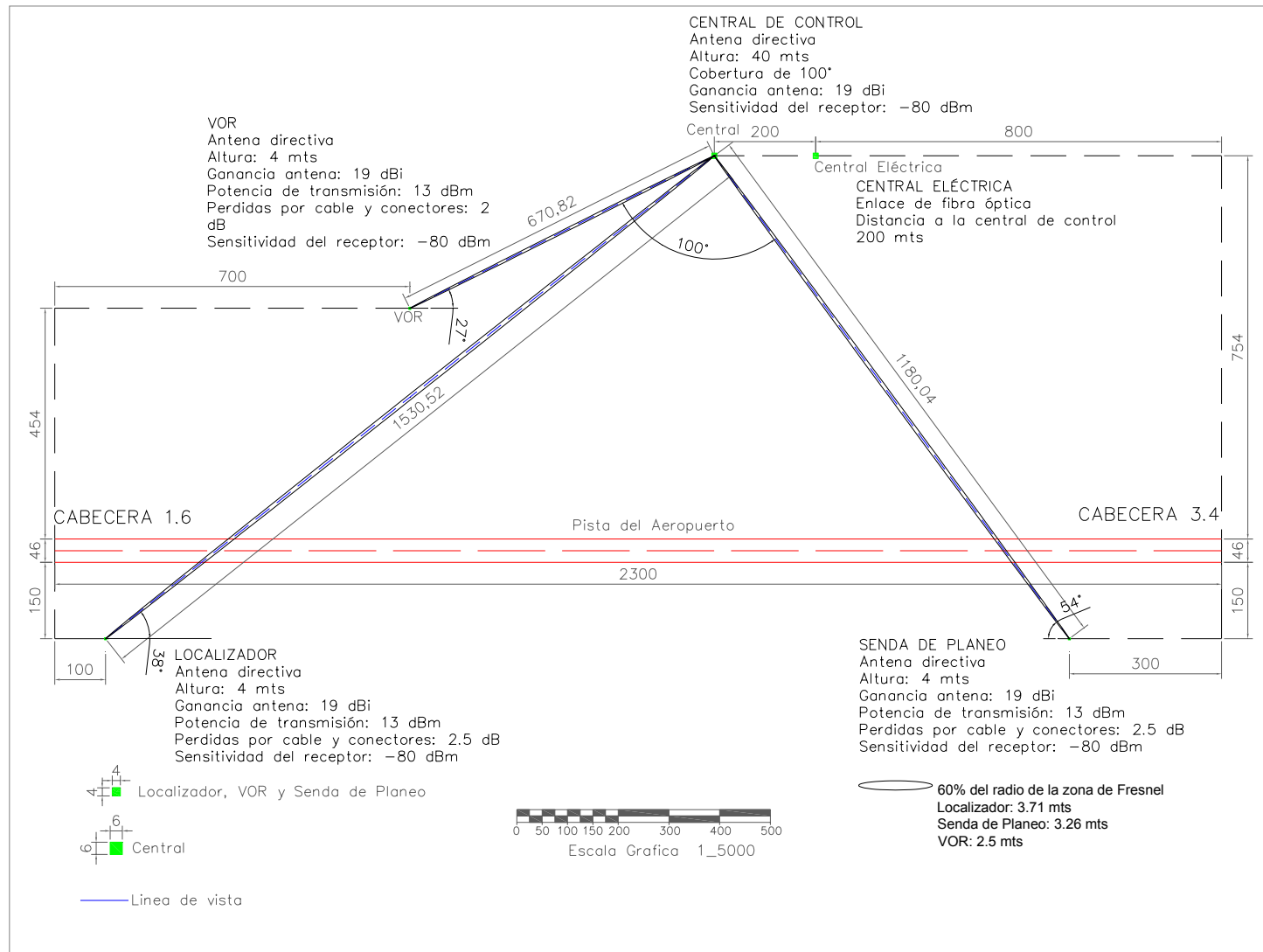
El 60% entonces $w_{F1} = 2.5mts$

Basados en los parámetros antes mencionados se garantiza el correcto funcionamiento de los enlaces inalámbricos entre las estaciones remotas con la central de monitoreo.

En la figura 14 se ilustra el diseño final de televigilancia para el Aeropuerto Palonegro de Bucaramanga.

Basados en el diseño que se presentó en este capítulo, se establece a continuación soluciones de algunos de los proveedores del servicio de televigilancia que satisfagan los requerimientos que se establecieron en este trabajo.

Figura 14. Diseño final de la red de televigilancia



4. SOLUCIÓN DE PROVEEDORES

Las soluciones de televigilancia han emergido como una atractiva alternativa a la problemática de video en red, bajando costes y proporcionando alto rendimiento; es así que los proveedores de servicios y dispositivos de red presentan soluciones cada vez más novedosas para liderar el mercado mundial de conectividad de redes. Por lo tanto este capítulo busca proporcionar una guía a la hora de implementar el diseño presentado en este trabajo.

Actualmente existen grandes empresas a nivel internacional, distribuidoras de dispositivos para la implementación de sistemas de televigilancia. A continuación se presentan posibles proveedores para los dispositivos de red con ciertas características requeridas para la implementación de este diseño.

En la tabla 8 se muestran 3 cámaras de diferentes proveedores con las características fundamentales para un buen desempeño a la hora de implementar.

Tabla 8. Cámaras disponibles en el mercado

MARCA	MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
AXIS	211	<ul style="list-style-type: none"> - Lente de cristal F2.0 de 4 mm, montura CS. - Distancia de enfoque desde 0.5 mm hasta infinito. - Frecuencia de imagen: hasta 25 imágenes por segundo en todas las resoluciones. - Resolución máxima 640 x 480 VGA a 25 imágenes por segundo. - Iluminación: 1-10.000 lux. 	478.80 eur
DLINK	3220	<ul style="list-style-type: none"> - Lente de cristal F2.0 de 6mm - Sensor CCD ¼ - Iluminación: 1 Lux. - Varios niveles de protección por contraseña para restringir el acceso a las cámaras. - Soporte de audio 	283.00 U\$
LASTIUM	LAS2962	<ul style="list-style-type: none"> -Cámara color de alta resolución. - Sensor: 1/3" CCD SUPER HAD (SONY). - Resolución: 480 líneas Numero de píxeles: 752x582 - Digitalización: 8 bit A/D Sincronismo: interno - Mínima iluminación: 0.2 lux/F1.0 - Relación S/R: mas de 45 dB 	259.26 EUR.

A continuación se presentan las requerimientos establecidos para las cámaras y el cumplimiento de ellas para implementar este diseño.

Tabla 9. Tabla de verificación

CARACTERÍSTICAS	D-LINK 3220	AXIS - 221	LASTIUM LAS2962	VERIFICACIÓN
Tamaño del sensor	Sensor CCD 1/4	Sensor CCD 1/3	Sensor CCD 1/3"	Funciona
Resolución	704 x 480	640 x 480	752x582	Funciona
Distancia de trabajo	0.5 mm	0.5 mm	0.5 mm	Funciona
Sensibilidad mínima	1 lux	0.65 lux	1 Lux	Funciona
Relación señal a ruido	45 dB	45 dB	45 dB	Funciona

En la tabla 10 se muestran 3 Access Point de diferentes proveedores con las características fundamentales para un buen desempeño a la hora de implementar.

Tabla 10. Access Point disponibles en el mercado

MARCA	MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
Linksys	WAP54G	- Estándar 802.11b y 802.11g - Protocolo TCP/IP - Rango de frecuencias 2.412 - 2.497 GHz - Potencia de transmisión máxima 15dBm - Ganancia de antena 3 dBi	68.98 U\$
3COM	3CRWEASYG73	- Estándar 802.11b y 802.11g - Protocolo TCP/IP - Rango de frecuencias 2.412 - 2.497 GHz - Potencia de transmisión máxima 17dBm - Ganancia de antena 18 dBi	499.99 U\$
D-LINK	DWL-2100AP	- Estándar 802.11b y 802.11g - Protocolo TCP/IP - Rango de frecuencias 2.412 - 2.497 GHz - Potencia de transmisión máxima 15dBm - Ganancia de antena 1 dBi	89,66 €

A continuación se presentan las requerimientos establecidos para los Access Point y el cumplimiento de ellas para implementar este diseño.

Tabla 11. Tabla de verificación

CARACTERÍSTICAS	Linksys WAP54G	3COM - 3CRWEASYG73	D-LINK- DWL-2100AP	VERIFICACIÓN
Estándar	802.11g	802.11g	802.11g	Funciona
Velocidad de Tx	54 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	Funciona
Potencia de Tx	15 dBm	17 dBm	15 dBm	Funciona
Ganancia de la antena	3 dBi	18 dBi	1 dBi	Funciona
Frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	Funciona

En la tabla 12 se muestran 3 Antenas de diferentes proveedores con las características fundamentales para un buen desempeño a la hora de implementar.

Tabla 12. Antenas disponibles en el mercado

ANTENAS	CARACTERISTICAS	COSTO
HG2424G	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuencia: 2.4-2.5 GHz - Ganancia: 24dBi - -3dBi ancho de onda: 8 grados - respuesta polarización cruzada: 26dBi - Front to Back Ratio: 24dB - Impedancia: 50 ohm 	74,61€
HG2418P	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuencia: 2.4-2.5 GHz - Ganancia: 18dBi - respuesta polarización cruzada: 25dBi - Front to Back Ratio: 25dB - Impedancia: 50 ohm - polarización horizontal: 22 grados - polarización vertical: 17 grados 	74.90€
HG2419G	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuencia: 2.4-2.5 GHz - Ganancia: 19dBi - respuesta polarización cruzada: 26dBi - Impedancia: 50 ohm - polarización horizontal: 12 grados - polarización vertical: 16 grados 	76.38€

A continuación se presentan los requerimientos establecidos para las antenas y el cumplimiento de ellas para implementar este diseño.

Tabla 13. Tabla de Verificación

CARACTERÍSTICAS	HG2424G	HG2418P	HG2419G	VERIFICACIÓN
Frecuencia	2.4 – 2.5 GHz	2.4 – 2.5 GHz	2.4 – 2.5 GHz	Funciona
Ganancia	24 dBi	18 dBi	19 dBi	Funciona
Impedancia	50 ohm	50 ohm	50 ohm	Funciona
Polarización	Horizontal y vertical	Horizontal y vertical	Horizontal y vertical	Funciona

En el anexo F se presenta una posible solución de la empresa CAC Tecnología, identificada con NIT. 91.260.885-7 régimen común, para la implementación de este diseño con el coste total.

CONCLUSIONES

Este capítulo se enfoca a resaltar las principales actividades realizadas en el marco del presente proyecto, así como los logros tanto en respuesta a los objetivos propuestos, como en aportes y recomendaciones adicionales, ya que este trabajo es el primer paso que realiza la UIS en el marco de un proyecto conjunto con el Aeropuerto Palonegro de Bucaramanga, con la visión de liderar procesos de innovación y desarrollo en tecnologías multimedia como lo es la Televigilancia.

En general se realizó un estudio de los fundamentos básicos de Televigilancia y se estructuraron tres niveles fundamentales, los cuales definen claramente los dispositivos de red para la central de control, las estaciones remotas y las tecnologías de comunicación entre estas. Esta estructura amerita realizar un permanente estudio a la hora de incrementar los alcances del sistema ya que se desea el mejor compromiso entre la situación actual del mercado y la necesidad de una proyección a futuro.

Inicialmente se estudió la infraestructura y el alcance actual del sistema de vigilancia analógico existente en el Aeropuerto, esto permitió entender y visualizar cual era la opción óptima para el desarrollo de este proyecto, teniendo en cuenta las necesidades y proyecciones del Aeropuerto hacia el futuro.

Se analizó la ubicación de cada uno de los equipos de ayudas a la navegación aérea para establecer el entorno de trabajo y con esto el alcance que se debía tener en el nuevo diseño.

Se identificaron las tecnologías de los servicios multimedia para Televigilancia, lo que llevó a identificar que la solución para establecer la comunicación entre las estaciones remotas y la central, eran las redes inalámbricas de área local, también llamada como Wi-Fi, y la fibra óptica.

Se estudiaron distintos estándares propuestos para las redes inalámbricas de área local y se eligió trabajar con el estándar 802.11g debido a que favorece a la velocidad de transmisión y es compatible con versiones anteriores que manejen frecuencias de 2.4 GHz.

Luego de analizar el estándar 802.11g se estableció que el mínimo de ancho de banda para operar es de 22 MHz.

Se hicieron los cálculos de pérdidas para los enlaces inalámbricos y se concluyó que las pérdidas por terreno plano, no eran significativas dadas las alturas de las antenas y la distancia del enlace. En cuanto a las pérdidas por absorción atmosférica y por precipitaciones, estas son significativas después de los 10GHz. Así que se hizo el análisis de pérdidas por espacio libre y se dejó un margen de tolerancia de 10dB.

Se diseñó una red de Televigilancia para los sistemas de ayudas a la navegación aérea, independiente del sistema actual, dado que este no presentaba fortalezas ni oportunidades frente a las innovaciones y desarrollos de las tecnologías de red.

Este diseño se propuso con el fin de mantener el control visual en tiempo real de cada una de las estaciones remotas ya sea en una central de control, bajo una red privada o Internet, dependiendo de los parámetros de seguridad que se le establezcan al diseño.

Al momento de realizar el estudio de los requerimientos de la Organización de Aviación Civil Internacional –OACI-, Para la implementación de sistemas de Televigilancia se encontró que no existe reglamentación para dichos sistemas.

Se presentó una propuestas de proveedores para los equipos requeridos en cada uno de los niveles del sistema de televigilancia, para proporcionar una guía a la hora de implementar este diseño.

RECOMENDACIONES

Dado que este proyecto baso su estudio en condiciones de espacio libre, teniendo en cuenta un margen de tolerancia por diferentes interferencias de 10dB, lo cual es un margen de tolerancia alto, se recomienda a la hora de implementar este diseño tener en cuenta todos los sistemas por fuera de este que operen a 2.4 GHz como son teléfonos inalámbricos, radioteléfonos etc, por que estos pueden general interferencia en el sistema de televigilancia, al igual que motores, transformadores y electrodomésticos en general.

Para la implementación de este diseño se debe prestar especialmente atención en la sección 3.6, ya que en esta se muestran los cálculos matemáticos a tener en cuenta para lograr el correcto funcionamiento de este diseño.

Al implementar este diseño se debe configura el Delay Spread (tiempo promedio entre el eco y la señal original en nanosegundos) con grandes valores, ya que esto significa mejor tolerancia al eco, por lo tanto mayor habilidad del dispositivo receptor para diferenciar entre la señal original y el eco.

Se analizó la situación actual del mercado en cuanto a los dispositivos requeridos para la implementación de este diseño y se concluyó que ya existen dispositivos capaces de comunicarse inalámbricamente varios kilómetros sin necesidad de antena, este es el caso del Access Point 3COM con referencia 3CRWEASYG73.

El cable para alimentar las antenas debe ser coaxial de bajas perdidas a 2.4 GHz, con impedancia de 50Ω .

BIBLIOGRAFIA

SAUNDERS, Simon R. Antenas and propagation for wireless communication systems. West Sussex: John Wiley & Sons. 1999.

TELECOMUNICACIONES & SOCIEDAD. Volumen 2. Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones. Universidad del Cauca. ISSN: 1794-7197.

TANENBAUM, Andrew, Redes de Computadores. Cuarta edición. México: Pearson, 1999. p. 891

TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Segunda edición. México: Prentice Hall. 1996. p. 858.

NFC ELECTRONICA LTDA. Redes Lan Inalámbricas. Bucaramanga – Agosto 28 y 29 de 2003.

BARREN, Lee. Wireless Hacking: Projects for Wi-Fi Enthusiasts. Rockland, MA,USA: Syngress Publishing, 2004. p 366.

CARDONA, Angé. JOFRE, Lluís. RIUS, Manuel. ROMEO Jordi. BANCH, Sebastian. Antenas. 2000 Alfaomega, Grupo editor S.A d C:V ISBN 84-8301-250-2 p. 454

PELCO. Manual de operación y Instalación del Sistema CM8500. p. 97

REFERENCIAS DE INTERNET

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS. Web site:
<http://www.ieee.org>

PELCO. www.pelco.com, 2003-2005

AXIS, www.axis.com, 2005

D-link, www.d-link.com, 2005

3COM. www.3com.com, 2005

ANEXOS

Anexo A.

CUADRO COMPARATIVO ENTRE CÁMARAS IP DE DIFERENTES PROVEEDORES



LANET COMUNICACIONES
COMPARATIVO CÁMARAS IP



Marca	Modelo	Cableada	Infrarrojos	Sonido	Pan/Tilt	Zoom	Infrarrojo	Detec. Mov.	Interior	Exterior	Cápsula	Resolución	Formato	Info. Extra	Precio
Ve o	Observer 601V	S	N	S	S	N	N	O	S	N	N	640x480	MJPEG	1 usr	\$
Ve o	Observer 602V	S	S	S	S	N	N	O	S	N	N	640x480	MJPEG	1 usr	\$
Ve o	Observer XT 611V	S	N	S	S	N	N	O	S	N	N	640x480	AVI	10 usr	\$
Ve o	Observer XT 612V	S	S	S	S	N	N	O	S	N	N	640x480	AVI	10 usr	\$
Linksys	WVC11B	S	S	N	N	N	N	S	S	N	N	320x240	MPEG-4	4 usr	\$\$
Linksys	WVC54G	S	S	S	N	N	N	S	S	N	N	640x480	MPEG-4	4 usr	\$\$
Trendware	TV-IP100	S	N	N	N	N	N	S	S	O	O	320x240	JPEG	4 usr	\$\$
Trendware	TV-IP100W	S	S	N	N	N	N	S	S	N	N	320x240	JPEG	4 usr	\$\$
Trendware	TV-IP200	S	N	N	N	N	N	S	S	O	O	640x480	JPEG	4usr. p. IO	\$\$
Trendware	TV-IP200W	S	S	N	N	N	N	S	S	N	N	640x480	JPEG	4usr. p. IO	\$\$
Trendware	TV-IP300	S	N	O	N	N	S	S	S	O	O	512x480	MPEG-4	4 usr	\$\$
Trendware	TV-IP300W	S	S	O	N	N	S	S	S	N	N	512x480	MPEG-4	4 usr	\$\$
Intellinet	560710	S	N	N	O	O	N	S	S	O	O	640x480	JPEG	100 usr	\$\$
D-Link	DCS-900	S	N	N	N	N	N	S	S	N	N	640x480	JPEG/AVI	8 usr	\$\$
D-Link	DCS-900W	S	S	N	N	N	N	S	S	N	N	640x480	JPEG/AVI	8 usr	\$\$
D-Link	DCS-2100+	S	S	S	N	N	N	S	S	N	N	320x240	MPEG-4	8usr. p. IO	\$\$
D-Link	DCS-6300	S	N	S	S	S	N	S	S	N	N	320x240	MPEG-4	8usr. p. IO	\$\$
D-Link	DCS-6300G	S	S	S	S	S	N	S	S	N	N	320x240	MPEG-4	8usr. p. IO	\$\$
Axis	205	S	N	N	N	N	N	N	S	N	N	640x480	MJPEG	20 usr	\$\$\$
Axis	206	S	N	N	N	N	N	N	S	N	N	640x480	MJPEG	20 usr	\$\$\$
Axis	206W	S	S	N	N	N	N	N	S	N	N	640x480	MJPEG	10 usr	\$\$\$
Axis	206M	S	N	N	N	N	N	N	S	N	N	1280x960	MJPEG	10 usr	\$\$\$
Axis	210	S	N	N	N	N	N	S	S	N	N	640x480	MPEG-4	20usr. p. IO	\$\$\$
Axis	211	S	N	N	N	N	N	S	S	O	O	640x480	MPEG-4	20usr. p. IO	\$\$\$
Axis	211A	S	N	S	N	N	N	S	S	O	O	640x480	MPEG-4	20usr. p. IO	\$\$\$
Axis	2120	S	N	O	N	N	N	S	S	O	O	704x480	MJPEG	ptos. IO	\$\$\$
Axis	2420	S	N	O	O	O	N	S	S	O	O	704x480	MJPEG	ptos. IO	\$\$\$
Axis	2420IR	S	N	O	O	O	S	S	S	O	O	704x480	MJPEG	ptos. IO	\$\$\$
Axis	221	S	N	N	N	N	S	S	S	O	O	704x480	MPEG-2	20usr. p. IO	\$\$\$
Axis	230 MPEG-2	S	N	S	O	O	S	S	S	N	N	704x480	MPEG-2	10usr. p. IO	\$\$\$
Axis	213 PTZ	S	N	O	S	S	S	S	S	O	N	704x480	MPEG-4	20usr. p. IO	\$\$\$
Axis	231D	S	N	O	S	S	N	O	S	S	S	704x480	MPEG-4	20usr. p. IO	\$\$\$\$
Axis	232D	S	N	O	S	S	S	O	S	S	S	704x480	MPEG-4	20usr. p. IO	\$\$\$\$

Notación: S = Sí incluye N = No incluye O = Opcional

Anexo B.

CUADRO COMPARATIVO ENTRE ACCESS POINT DE DIFERENTES PROVEEDORES

<u>Belkin 54g Wireless Cable / DSL - Wireless - 802.11g external - cod. 1020843.34311</u>	1shopDirect.com, Inc. México	152.99 USD\$
<u>Linksys Wireless - G Cable WCG200 - Wireless router + 4 - port switch - cable mdm - EN, Fast EN, 802.11b, 802.11g - cod. 1076185.79290</u>	<u>1shopDirect.com, Inc. México</u>	149.99 USD\$
<u>D - Link AirPlus G DPG - 2000W Wireless Presentation - Presentation server - 802.11g - cod. 1072922.76454</u>	<u>1shopDirect.com, Inc. México</u>	299.99 USD\$
Motorola - SBG900 <u>Módem de Cable Inalámbrico</u>	Motorola SURFboard	desde 252.99 USD\$
<u>DLINK. inalámbrico 54/108 Mbps MIMO -- DI-634M</u>	D-LINK	112.38EUR
<u>DLINK. Inalámbrico 54Mbps -- DI-624</u>	D-LINK	110.34EUR

Anexo C.


CUADRO COMPARATIVO ANTENAS DIRECCIONALES DE DIFERENTES PROVEEDORES

<u>MODELO</u>	<u>PRODUCTOS</u>	<u>FABRICANTE</u>	<u>PRECIO</u>
ANT24-2100	D-Link Antena Direccional 21dB Exterior	D-Link	294,66€
HG2419G	Hyperlink 2.4 GHz 19 dBi Directional	HyperLink	76,45€
HG2424G	HyperLink 24 dBi Grid Antenna HG2424G	HyperLink	74,61€
PMANT19-HD-PF1	Pacific Wireless Antena Direccional Grid 19 dB para 2.4 Ghz	Pacific Wireless	67,86€
PAWDC24-HD-PF1	Pacific Wireless Antena Direccional Grid 24 dB para 2.4 Ghz.	Pacific Wireless	98,02€ 103,30€
SAY-2421	Senao 2.4GHz Antenna for Wireless LAN 21 (dBi)	Senao	273,29€

Anexo D.

HOJA DE DATOS DE LOS EQUIPOS COTIZADOS

CÁMARA D-LINK DCS-3220



D-Link
Building Networks for People

DCS-3220

10/100 Mbps SPEED

2-WAY AUDIO

CCD

4x Digital Zoom

UPnP

DDNS

FREE 24/7 TECH SUPPORT

SECURICAM Network
10/100 Fast Ethernet 2-Way Audio
Internet Camera

Enhanced Video & 2-Way Audio Surveillance

- Monitor Your Home or Office Over the Internet
- Listen and Talk with 2-Way Audio¹
- Captures Video in Low Light
- 4x Digital Zoom² for Close-up Viewing
- Built-in Motion Detection with E-mail Notification

D-Link is pleased to introduce the latest product in Internet camera technology. The D-Link SECURICAM Network DCS-3220 Internet Camera is a full-featured surveillance system that connects to an Ethernet broadband network to provide remote high-quality video and audio.

You can access and control the DCS-3220 using Internet Explorer version 6. Watch and listen remotely as the DCS-3220 captures both sound and video of your site.

The DCS-3220 takes surveillance to another level using 2-way audio¹. By adding a powered speaker to the DCS-3220, you can now remotely talk to anyone at your camera site.

The DCS-3220 uses a CCD sensor that provides sharp video images with lifelike color representation. It also features 4x digital zoom² for close-up viewing using the Web interface. Plus, with low light sensitivity, it has the capability to monitor and record video in rooms with minimal lighting, making it ideal to use at night.

The DCS-3220 adheres to the Universal Plug & Play (UPnPTM) specification which allows computers running Windows[®] XP/Me to automatically recognize the DCS-3220 and add it to the network. The DCS-3220 can be accessed and viewed from "My Network Places" as a device on the network.

By signing up with one of the many free Dynamic DNS services available on the Web, you can assign an easy-to-remember name and domain to the camera (e.g., www.mycamera.myddns.com). This allows you to remotely access your camera without having to remember the IP address, even if it has been changed by your Internet Service Provider.

Everything needed to get started is included with the DCS-3220. Simple installation procedures, along with the built-in Web-based interface offer easy integration into your network environment. Powerful surveillance software is included to enhance the monitoring and management of the DCS-3220, allowing you to archive video straight to the hard drive, playback video, monitor as many as 16 cameras on a single screen, and set up motion detection to trigger video/audio recording and e-mail alerts. The DCS-3220 is a cost-effective and versatile security solution for your home or business.

¹ 2-way audio requires a powered speaker to be connected to the camera. Not included.
² 4x Digital Zoom enlarges an image by magnifying the pixels in a selected portion of the image by 4 times.

SECURICAM Network 10/100 Fast Ethernet 2-Way Audio Internet Camera

DCS-3220



Video & 2-Way Audio
Surveillance



Use of all our other equipment for recording, broadcasting or use of a camera will be the responsibility of the user and is not included in our liability or warranty. Making such equipment a warranty or representation that the D-Link product provided herein is suitable for the user's use and/or other use is applicable to the user's use of the D-Link equipment and liability shall be the responsibility of the user and not D-Link.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

<p>Remote Management Configuration can be accessed via Web browser</p> <p>Networking Protocol TCP/IP, HTTP, SMTP, FTP, Telnet, NTP, DNS, DHCP, UPnP™ and DDNS Support</p> <p>Connectivity 10/100Mbps Fast Ethernet</p> <p>Video Algorithm Supported MPEG4 Simple Profile</p> <p>Audio</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2-Way Audio¹ • Built-in Microphone • 8Kbps <p>Video Resolution</p> <ul style="list-style-type: none"> • Up to 30fps at 176x120 • Up to 30fps at 352x240 • Up to 10fps at 704x480 <p>General I/O</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Opto-isolated Sensor Input (max. 12V DC 50mA) • 1 Relay Output (max. 24V DC 1A, 125V AC 0.5A) <p>Camera Specification</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1/3" CCD Sensor • 1 Lux @ F2.0 • AGC/AWB • Electronic Shutter: 1/60 - 1/15000 sec. • Standard CS Mount Type Lens 6mm, F1.8 • 4x Digital Zoom² 	<p>Security</p> <ul style="list-style-type: none"> • Administrator and User Group Protected • Password Authentication <p>Viewing System Requirement Protocol ActiveX</p> <p>Operating System Microsoft Windows® XP/2000/Me</p> <p>Browser Internet Explorer v6</p> <p>LEDs Bi-color Status Indicator</p> <p>Power</p> <ul style="list-style-type: none"> • External Power Supply • 12V DC 1.5A • Power Consumption 4.8W <p>Weight 8.5 oz.</p> <p>Dimensions 6.25"L x 3.25"W x 2.12"H</p> <p>Warranty 1 Year</p>
--	---

¹ 2-way audio requires a powered speaker (not included) for the camera host.
² For digital zoom, enlarge up to 4x by zooming the photo in software program of the camera host.



D-Link Systems, Inc. (D-Link) is a registered trademark of D-Link Systems, Inc.
Copyright © D-Link Systems, Inc. 2004. All rights reserved. D-Link, the D-Link logo and Securicam are trademarks of D-Link Systems, Inc.
Other trademarks are the property of their respective owners or service providers.
*D-Link, the D-Link logo and Securicam are registered trademarks of D-Link Systems, Inc.
**UPnP™ and DDNS are trademarks of IANA.

D-Link
Building Networks for People

ACCESS POINT 3CRWEASYG73



3Com 11g 54Mbps Wireless LAN Building-to-Building Bridge Family

DATA SHEET



- Economically extend the reach of enterprise networks, eliminating costly fiber cabling or monthly telephone line charges
- Rugged, weatherproof 3Com® 11g 54Mbps Wireless LAN Outdoor Building-to-Building Bridge is ideal for cross-campus or longer-distance metropolitan area links
- Versatile 3Com 11g 54Mbps Wireless LAN Indoor Building-to-Building Bridge is ideal for large, open indoor areas or linking adjacent buildings

Key Benefits

Flexible, Cost-Effective Extended Reach

Avoid fiber cable installation costs and headaches—or monthly T1/E1 line expenses that can total up to US\$1,000 per month for little more than 1Mbps of bandwidth. Now you can connect LANs over secure, high-speed wireless, bridge-to-bridge links. The 3Com® 11g 54Mbps Wireless LAN Outdoor Building-to-Building Bridge with integrated 18dBi high-gain panel antenna is designed to operate in harsh environmental conditions at distances up to 10 miles (17 kilometers), while the 3Com 11g 54Mbps Wireless LAN Indoor Building-to-Building Bridge works well in large, open interiors or adjacent buildings. Deployed together, the bridges are an intelligent choice for connecting building LANs in campus-like settings.

Standards-Based, High-Speed Performance

Both 11g 54Mbps bridges deliver ten to twenty times the bandwidth of T1/E1 links through secure wireless network connections and support up to 1000 clients. The building-to-building bridges can operate in either point-to-point or point-to-multipoint configurations to meet growth and specific application demands.

Reliable Connections

Dynamic rate shifting helps keep network connections available.

Multiple Security Features

To shield wireless communications, WPA, PSK and AES authentication and encryption provide the latest industry-standard security. VPN and VLAN support keep network data private and transmissions safe from security breaches.

Simple Installation and Management

Setup wizard software makes installation and configuration easy. Once setup is complete, the building-to-building bridges can be remotely managed using a standard Web browser or SNMP management tools.

Features

	Description
FLEXIBLE HIGH-SPEED CONNECTIVITY	
Economical wireless building-to-building links	Brings rapid return-on-investment in as little as 2 to 3 months by eliminating fiber cable installation or recurring T1/E1 line costs, which can total up to US\$1,000 per month for little more than 1Mbps of bandwidth. Wireless building-to-building bridge deployments cost about one tenth that of fiber cabling installations and avoid right-of-way and trenching problems.
High-speed 54Mbps data rate	Delivers 10 to 20 times the throughput of expensive T1/E1 lines through secure wireless network connections, easily handles large multimedia file transfers.
802.11g standard	Supports latest, high-speed data transfer rates—five times the speed of 11b networks.
Antenna choice (Indoor Building-to-Building Bridge)	Antenna and cables are required, choose from 4dB to 18dBi panel or omni-directional antennas for maximum RF coverage for a wide range of applications.

3COM® 11G 54MBPS WIRELESS LAN BUILDING-TO-BUILDING BRIDGE FAMILY DATA SHEET

Specifications

Interfaced

RJ-45, 10BASE-T/100BASE-TX
802.11b/g

Wireless Data Rates

802.11g: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 & 6 Mbps
802.11b: 11, 5.5, 2 & 1 Mbps

Frequency Band

802.11b/g: 2.4-2.4835 GHz

Wireless Transmit Power

Outdoor Building-to-Building Bridge:
17 dBm +/- 1 dB (US, Canada, Mexico)
20 dBm +/- 1 dB (Europe, UK, Ireland, Latin America)
Indoor Building-to-Building Bridge:
17 dBm (US, Canada, Mexico)
20 dBm ERP max., depending on antenna and cable
configuration (Europe, UK, Ireland, Latin America)

Network Architecture Type

Bridge 802.3 to 802.11b/g

Number of Users/Bridge

Up to 1000 users

Wireless Bridges/LAN

Unlimited

Modulation Technique

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

Media Access Protocol

CSMA/CA

Receive Sensitivity

802.11g:
54 Mbps: -70 dBm
48Mbps: -72 dBm
36 Mbps: -74 dBm
24 Mbps: -77 dBm
18 Mbps: -78 dBm
12 Mbps: -81 dBm
9Mbps: -83 dBm
6 Mbps: -85 dBm
802.11b:
11 Mbps: -86 dBm
5.5 Mbps: -88 dBm
2 Mbps: -89 dBm
1 Mbps: -91 dBm

Standards Conformance

IEEE 802.11b, 802.11g, 802.3, and 802.1X, IEEE
802.11, WPA, WEP

Antenna

Outdoor Building-to-Building Bridge: Integrated 8dBi
directional panel antenna (9° beam angle)
Indoor Building-to-Building Bridge: Antenna must be
ordered at the time of bridge purchase. See Ordering
Information for antenna and cable options.

Security

64, 128-bit WEP, 128-bit AES, WPA, TKIP encryption;
WPA-PSK authentication
Local MAC address filtering
VLAN and VLAN pass-through

Networking Protocols

NetWare, IPX, TCP/IP, Bridging Protocol, Spanning Tree
Protocol, SNMP, RMON, DHCP

Management

Command line interface (via Telnet or SSH)
HTTP or S-HTTP Web browser interface
SNMP
SSH
Remote software upgrades via HTTP

LEDs

Power, LAN activity, Radio activity

Physical Dimensions

Indoor Building-to-Building Bridge:
Length: 6.9 in (17.5 cm)
Width: 4.76 in (12.1 cm)
Height: 1.4 in (3.6 cm)
Weight: 0.575 lb (0.26 kg)
Outdoor Building-to-Building Bridge:
Length: 15 in (38 cm)
Width: 13.78 in (35 cm)
Height: 1.75 in (4 cm)
Weight: 5.6 lb (2.54 kg)

Regulatory/Agency Approvals

Safety:
IEC 60950-2:2000, IEC 60950 Edition 2, CSA 22.2 60950
3rd edition, UL 60950 3rd edition, UL 2043, IEC
60528, NOM-109-SC14, AS/NZ 1260
Radio/Electromagnetic:
ETSI ETSI Part 15, Section 15.247, 15.207, 15.407, FCC
03-287 Parts 2 & 15, FCC Bulletin OET-65, Canada RSS-
132 Issues 1 & 5, EN 300-128, EN 301 883, EN 301-489
Reliability/Availability:
IEEE 802 Class B, FCC Part 15 Class B, ETSI EN 301
489-1-7, IEC 60321-1984-A-1, 1995-A2, 1997 Class A,
EN 61300-3-2:2000, EN 61300-3-1:1995+A1:2001

Environmental Operating Range

Operating temperature: -33 to 50°C (-27 to 122 °F)
Storage temperature: -20 to 70°C (-4 to 158 °F)
Altitude: Up to 3 km (1.86 miles)
Humidity: 5 to 95% non-condensing
Wind (Outdoor Bridge): Operational loading up to
153 kmph (95 mph); total survival to 301 kmph
(187 mph)

Package Contents

54 Mbps 11g Wireless LAN Indoor or Outdoor
Building-to-Building Bridge
Power adapter/PoE injector
Power cable for PoE injector
Lightning arrester (Outdoor B-to-B bridge)
Mounting bracket
CD-ROM with user guide and configuration software
Warranty booklet

Warranty

One-year limited warranty
Refer to www.3com.com for details

3CDM® 11G 54MBPS WIRELESS LAN BUILDING-TO-BUILDING BRIDGE FAMILY DATA SHEET

Specifications

Interfacs

EJ-45, 10BASE-T/100BASE-TX
802.11b/g

Wireless Data Rates

802.11g: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 & 6 Mbps
802.11b: 11, 5.5, 2 & 1 Mbps

Frequency Band

802.11a/g: 2.4-2.4835 GHz

Wireless Transmit Power

Outdoor Building-to-Building Bridge:
17 dBm +/- 1 dB [US, Canada, Mexico]
20 dBm +/- 1 dB [Europe, UK, Ireland, Latin America]

Indoor Building-to-Building Bridge:

17 dBm [US, Canada, Mexico]
20 dBm ERP max., depending on antenna and cable configuration [Europe, UK, Ireland, Latin America]

Network Architecture Type

Bridge 802.3 to 802.11b/g

Number of Users/Bridges

Up to 1000 users

Wireless Bridges/LAN

Unlimited

Modulation Technique

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

Media Access Protocol

CSMA/CA

Receive Sensitivity

802.11g:

54 Mbps: -70 dBm

48Mbps: -72 dBm

36 Mbps: -74 dBm

24 Mbps: -75 dBm

18 Mbps: -78 dBm

12 Mbps: -81 dBm

9Mbps: -83 dBm

6 Mbps: -85 dBm

802.11b:

11 Mbps: -86 dBm

5.5 Mbps: -88 dBm

2 Mbps: -89 dBm

1 Mbps: -91 dBm

Standards Conformance

IEEE 802.11b, 802.11g, 802.3, and 802.1X, HTTP,
WPA, WEP

Antenna

Outdoor Building-to-Building Bridge: Integrated 8dBi
directional panel antenna (19° beam angle)

Indoor Building-to-Building Bridge: Antenna must be
ordered at the time of bridge purchase. See Ordering
Information for antenna and cable options.

Security

64,128-bit WEP, 128-bit AES, WPA, TKIP encryption;

WPA-PSK authentication

Local MAC address filtering

VPN and VLAN pass-through

Networking Protocols

Sellfast, IPX, TCP/IP, Bridging Protocol, Spanning Tree
Protocol, SNMP, RMON, DHCP

Management

Command Line Interface (via Telnet or SSH)

HTTP or S-HTTP Web browser interface

SNMP

3ND

Remote software upgrades via HTTP

LEDs

Power, LAN activity, Radio activity

Physical Dimensions

Outdoor Building-to-Building Bridge:

Length: 6.9 in (17.5 cm)

Width: 4.76 in (12.1 cm)

Height: 1.4 in (3.6 cm)

Weight: 0.575 lb (0.26 kg)

Indoor Building-to-Building Bridge:

Length: 15 in (38 cm)

Width: 13.78 in (35 cm)

Height: 2.75 in (7 cm)

Weight: 5.6 lb (2.54 kg)

Regulatory/Agency Approvals

FedEx:

IS-60820-2000, IEC 60950 Edition 3, CSA 22.2 60950

3rd edition, UL 60950 3rd edition, UL 2040, IEC

60528, NOM-109-SCTI, AS/NZS 1360

Radio/Electromagnetic:

ET CFR Part 15, Section 15.247, 15.207, 15.407, FCC

03-287 Parts 2 & 15, FCC Bulletin CDE-05; Canada RSS-

332 Issues 1 & 5; ISN 300-328, ISN 301 883, ISN 301-489

Intentional Interference:

ICES-005 Class B, FCC Part 15 Class B, RTSI EM 901

489-17, ISN 55022-1984-A-1; 1995-A-2; 1997 Class A,

ISN 63000-1-2-2000, ISN 63000-3-1-1995-A-1-2001

Environmental Operating Range

Operating temperature: -13 to 50°C (-27 to 122 °F)

Storage temperature: -20 to 70°C (-4 to 158 °F)

Altitude: Up to 3 km (1.86 miles)

Humidity: 5 to 95% non-condensing

Wind (Outdoor Bridge): Operational loading up to

150 kph (95 mph); stand survival to 201 kph

(125 mph)

Package Contents

54 Mbps 11g Wireless LAN Indoor or Outdoor

Building-to-Building Bridge

Power adapter/PoE injector

Power cable for PoE injector

Lightning arrester (Outdoor B-to-B bridge)

Mounting brackets

CD-ROM with user guide and configuration software

Warranty booklet

Warranty

One-year limited warranty

Refer to www.cisco.com for details

Anexo E.

LEGISLACIÓN COLOMBIANA PARA 802.11

- Resolución 797 de 2001.
 - Asigna las siguientes frecuencias libres para sistemas Wireless Lan y otros sistemas de baja potencia y corto alcance.
 - 2.4 a 2.483 GHz
 - 915 a 924 MHz
 - 5.15 a 5.25 GHz
 - Potencia máxima de transmisión 100mW = 20 dBm
 - No se especifica la PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente), ni la ganancia de las antenas, ni las distancias máximas para los enlaces.
 - Solo habla de enlaces punto a punto.

- La resolución 3382 de 1995 del Ministerio de Comunicaciones.
 - Reglamenta los sistemas Spread Spectrum.
 - Especifica modalidades DSSS y FHSS.
 - Autoriza las bandas ISM:
 - 902- 924 MHz
 - 2.4 a 2.483 GHz
 - 5.725 a 5.875 GHz
 - Potencia Isotrópica radiada equivalente máxima = 6W=36dBm
 - Topologías:

punto a punto en cualquier modalidad

punto a multipunto únicamente en FH o híbridos

punto a multipunto únicamente en áreas rurales

Sistemas Wireless LAN dentro de edificaciones y áreas conexas

- Longitud máxima de los enlaces

- El valor del registro contemplado en el Decreto 3382 de 1995 fue sustituido por el valor contemplado en el decreto 1705 de 1999.

- El decreto 1705 de Agosto 31 de 1999 especifica las tarifas para el registro de enlaces Spread Spectrun en la banda ISM.

- La resolución 1833 de 1998 regula las redes LAN inalámbricas en la banda U-NII.

- Autoriza el uso de la banda U-NII para aplicaciones de redes inalámbricas LAN privada de baja potencia y corto alcance.

- Banda 5.15 a 5.25 GHz: potencia máxima 50 mW y la antena no puede tener más de 6dBi. (PIRE=250mW).

- Banda 5.25 a 5.35 GHz: Potencia máxima 250mW y la antena no puede tener más de 6dBi. (PIRE=1W).

- Banda 5.725 a 5.825 GHz: Potencia máxima 1W y la antena no puede tener más de 6dBi. (PIRE=4W).

- Los equipos deben cumplir con FCC (CFR47 part 15 subpart E) o ETSI (ETS 300 562).

- Registro válido por 5 años.

- Valor del registro: 1 SMLMV

Anexo F.

COTIZACIÓN DE LA EMPRESA CAC TECNOLOGÍA

FIBRA OPTICA - SUMINISTROS - DISEÑO Y ASESORIAS - AIRE ACONDICIONADO - COMUNICACIONES
CABLEADO ESTRUCTURADO - MANTENIMIENTO ELECTRICO - EQUIPOS DE COMPUTO - CERTIFICACIONES UTP Y FIBRA

COTIZACION No.

05-72



NIT. 91.260.885-7
REGIMEN COMUN

Nombre: Universidad Industrial de Santander
Proyecto: Suministro de Elementos WIRELESS
Atención: Ing. Herly Johanna Herrera Lizcano
Fecha: Octubre 24 de 2005
Fax: 6344000 ext. 2406

Atendiendo a su amable solicitud, presento a su consideración la siguiente oferta:

Item	REF.	DESCRIPCION	Und.	Cant.	Vr. Unit.	Vr. Total
1	3CRWEASYG73	Acces Point Outdoor 802.11g 54Mps Wireless, 17 Km, Ganancia de Antena 18 dBi, Protocolo de conectividad TCP/IP, Potencia de Transmisión 17 dBm. Administración remota usando navegador web o herramienta de administración SNMP. Marca 3com. Garantía 3 años.	U	6	4.120.000	24.720.000
2	MST-6M	Mástil externo, 6 metros con accesorios.	U	3	210.000	630.000
3	MNT-3M	Minitorre para soporte de Acces Point. Altura 3 mts	U	1	480.000	480.000
4	3220	Cámara Alámbrica. Conectividad LAN . Lente de cristal F2.0 de 6mm, Sensor CCD 1/4. 1 Lux de Iluminación. Varios niveles de protección por contraseña para restringir el acceso a las cámaras. Soporte de audio. Marca D-LINK.	U	4	820.000	3.280.000
5	AT-MC102XL	Convertidor de Medios 100 Base Tx a 100 Base Fx (SC Multimodo)	U	2	420.000	840.000
6	PTCH-UTP-12M	Patch cord UTP, categoría 5e, 12 metros.	U	6	22.000	132.000
7	PTCH-FO-2M	Patch cord de Fibra Optica Multimodo 62,5/125, 2 metros.	U	2	150.000	300.000

Sub Total	\$	30.382.000
IVA	16%	4.861.120
TOTAL	\$	35.243.120

NOTAS:

- * Validez de la oferta: 30 dias.
- * Tiempo de entrega: 30 dias.
- * Forma de pago: Según Orden de Servicio.
- * Garantía de los productos 3COM: 3 años
- * Garantía de otros productos: 1 año.

Atentamente,



CESAR AUGUSTO GARCIA CLAVIJO
Representante Legal

Calle 35 No. 32-21 C-2 - Mejoras Públicas
Tels: 6454463 - 6359113 - Bucaramanga
E-mail: cac_tecnologia@yahoo.es

Se hizo un análisis de esta propuesta y se concluyo que:

1. No se requiere de antenas para establecer el enlace entre las estaciones remotas y la central de control, ya que el Access Point la trae incorporada y cumple con los requerimientos del diseño.
2. Se requieren tres Access Point en la central de control, ya que la antena que tiene incorporada no cumple con el ancho de haz requerido para cubrir las tres estaciones remotas simultáneamente.

Las marcas involucradas en esta propuesta son:

1. 3COM, que ofrece los Access Point
2. D-LINK, que ofrece las cámaras

A continuación se presentan las hojas de datos de las cámaras y los Access Point referenciados en la propuesta de CAC Tecnología.

Anexo G.

BANDAS DE FRECUENCIA ASIGNADAS EN EL AEROPUERTO PALONEGRO DE BUCARAMANGA

FRECUENCIA	APLICACIÓN	UBICACIÓN
103-135 MHz	Banda de frecuencias asignadas para la Aeronáutica civil	Torre de control de las aeronaves
3-30 MHz	Comunicaciones internas del aeropuerto	Aeropuerto
1030-1090 MHz	Radار secundario	Aeropuerto
2700-2900 MHz	Radar Primario	Aeropuerto
2000 MHz	Comunicación entre aeropuertos. Esta banda es para el Aeropuerto de Bucaramanga	Aeropuerto de Bucaramanga
7000 MHz	Comunicación entre aeropuertos. Esta banda es para la comunicación con otros aeropuertos.	Aeropuertos de Colombia

Con el análisis de frecuencias se concluye que no existe ninguna interferencia en la banda de 2.4 GHz, que es la banda designada para el sistema de televigilancia diseñado en este proyecto.