

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**RED INALÁMBRICA PARA OPERACIONES
EN PUERTOS DEL PERU**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:
WILLIAM EUGENIO MEJIA MENDOZA**

**PROMOCIÓN
2007-I**

**LIMA-PERÚ
2011**

**RED INALAMBRICA PARA OPERACIONES
EN PUERTOS DEL PERU**

A mis padres por sus enseñanzas de vida.

A mis hermanos, por diez motivaciones para mejorar profesionalmente.

Agradecimiento especial al ingeniero Percy Fernández por su apoyo constante.

A la UNI, y el orgullo que siento de pertenecer a esta alma mater.

A Mirtha y a todos mis amigos, indispensables para ser mejor persona cada día.

Y a Santiago Apóstol, por escuchar mis oraciones e interceder por todo ante Dios.

SUMARIO

En el presente informe se describe la red inalámbrica diseñada para las operaciones del manejo de contenedores y carga en general de ENAPU (Empresa Nacional de Puertos) ubicada en el Callao.

La solución era necesaria para optimizar las tareas de inventario y trazabilidad de la mercancía que transitaba por dicho puerto. Las tareas de recolección de información eran realizadas de manera manual, para luego ser ingresadas al final del turno a un sistema denominado SIOP siglas de “Sistema Integrado de Operaciones Portuarias”.

El sistema desarrollado no solo permite asegurar las comunicaciones de los terminales móviles con la estación base, dentro de un ambiente con una geometría variable de “edificaciones” (contenedores metálicos de gran volumen y peso), sino que también se integraron los datos provenientes de los terminales en el SIOP, mediante el procesamiento respectivo de los datos en un servidor conteniendo una nueva aplicación denominada SIOP RF.

La solución fue implementada con transmisores trabajando en banda angosta dentro del rango de 450 a 470 MHz, por haber demostrado que esta tecnología aseguraba las comunicaciones incluso con ausencia de línea de vista en ambientes similares.

Aunque la tasa de datos (9600 bps) es inferior a la del uso de banda ancha (WiFi), WiFi requería una mayor cantidad de puntos de acceso contra los tres utilizados en la presente solución (NarrowBand), la cual incluso facilitó el desarrollo de una aplicación personalizada para la integración con el SIOP (Sistema integrado de operaciones portuarias) mediante una herramienta llamada “Sierra Engine”.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Objetivos del trabajo.....	3
1.3 Evaluación del problema	3
1.4 Alcance del trabajo.....	6
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	7
2.1 Banda Angosta.....	7
2.1.1 Generalidades.....	7
2.1.2 Conversión a banda angosta.....	8
2.1.3 Equipos	10
2.1.4 Modulación análoga vs. digital.....	10
2.2 Banda Ancha – WIFI (IEEE 802.11)	13
2.2.1 Generalidades.....	13
2.2.2 Estándares WIFI.....	14
2.2.3 Infraestructura de redes WIFI.....	16
CAPITULO III	
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	18
3.1 Planeamiento de la solución.....	18
3.1.1 Evaluación de alternativas.....	19
3.1.2 Dimensionamiento.....	19
3.2 Descripción de la solución.....	19
3.2.1 Servidor SIOP-RF	21
3.2.2 Servidor de comunicaciones	22
3.2.3 Radio Base.....	25
3.2.4 Antena.....	27
3.2.5 Terminales móviles	29
3.2.6 Servidor de aplicaciones SIOP.....	31
3.3 Desarrollo de aplicaciones para terminales de radio	33
3.4 Cálculo teórico de cobertura.....	40

3.5	Pruebas de comunicaciones	40	
CAPITULO IV			
COSTOS Y CRONOGRAMA.....			46
4.1	Relación de equipos.....	46	
4.2	Estimación de costos	46	
4.3	Cronograma	47	
4.4	Requerimientos de RRHH para ejecución del proyecto.....	50	
4.5	Mantenimiento del Sistema - Costos	50	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....			52
ANEXO A			
FCC §2.201 CARACTERÍSTICAS DE EMISIÓN, MODULACIÓN Y TRANSMISIÓN.....			54
ANEXO B			
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....			58
BIBLIOGRAFÍA.....			60

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la solución inalámbrica de comunicaciones para ENAPU surge por su necesidad de contar con un sistema que facilite la recopilación y el envío de información proveniente de los contenedores y sea ingresado directamente en el sistema SIOP, una herramienta informática desarrollada a medida, para la gestión de las operaciones portuarias.

Previa a la solución, los datos eran recopilados en los distintos muelles para luego ser llevados a las instalaciones administrativas y ser ingresados manualmente en el SIOP constituyendo desde luego una manera deficiente de llevar el control respectivo, principalmente enfocado al inventario y a la trazabilidad (saber que se tiene y donde está en tiempo real).

La primera problemática para implementar la solución fue seleccionar la tecnología de comunicaciones adecuada que asegurara las comunicaciones en un ambiente rodeado de enormes de contenedores metálicos de gran densidad obstaculizando la línea de vista. Banda Ancha fue descartada por la necesidad de situar múltiples puntos de acceso (AP), no haber donde situarlos y realizar un cableado en la zona de operaciones. GPRS (General Packet Radio Service) para la cual se debía contratar a un proveedor, con lo que no se cumpliría el propósito de contar con una red de comunicaciones privada. Por otro lado, el uso de Banda Angosta en soluciones portuarias, había venido siendo usada a nivel mundial, por lo que se optó por esta tecnología.

La solución se implementó con solo tres antenas distribuidas estratégicamente en los puntos más altos de la zona de interés, sus respectivas estaciones base (incluyendo al transmisor) y al controlador de comunicaciones. El hecho de que las comunicaciones entre la estación base y el controlador fuera TCP/IP permitió el tendido del cableado y la integración a las redes ya existentes.

El informe se divide en cuatro capítulos

- En el capítulo 1 se hace el enunciado y evaluación del problema, se establece el objetivo y alcances.
- El capítulo 2 se enfoca en la Banda angosta, se hace una descripción general, se explica la política de conversión de banda angosta, los aspectos legales/técnicos de los equipos usados, y se realiza una comparación sobre la modulación análoga vs la digital.
- En el capítulo 3 se describe la solución. Preliminarmente se hace el planteamiento, se

evalúan las alternativas, y se hace el dimensionamiento. La descripción de la solución abarca: el servidor de aplicaciones, el servidor de comunicaciones, la radio base, la antena, los terminales móviles y la herramienta para el desarrollo de aplicaciones para los terminales de radio.

- En el capítulo 4 se muestra los costos y el cronograma de trabajos

En el presente informe se ha presentado sólo la información que ENAPU ha autorizado, adecuándose así a las políticas de confidencialidad exigidos.

CAPÍTULO I DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

En el presente capítulo se describe los problemas de comunicaciones que existen en un puerto, explícitamente en un patio de contenedores en donde las señales de radio son extremadamente atenuadas. Este capítulo consiste de una breve descripción del problema y de la exposición del objetivo del trabajo. Se realiza una evaluación del problema y la justificación de la solución propuesta, se precisan los alcances del informe, y finalmente se presenta una síntesis del diseño presentado.

1.1 Descripción del Problema

Limitación de comunicaciones móviles de datos en el patio de contenedores de la zona operativa del puerto marítimo en la rada del Callao.

Se requiere que personal de la zona operativa (denominados tarjadores) cuenten con infraestructura de comunicaciones..

1.2 Objetivos del trabajo

Proporcionar un sistema de comunicaciones fiable a fin de asegurar la transmisión de datos desde los equipos terminales móviles y el servidor SIOP, a través de la estación base, para la realización de las tareas de inventario y trazabilidad.

El sistema se basa en la tecnología Narrowband, bajo el concepto definido por la Federal Communications Commission (FCC), una agencia del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica.

1.3 Evaluación del problema

Las comunicaciones móviles para datos pueden ser realizadas por varias tecnologías. Sin embargo se debe tener en consideración varios aspectos, primeramente, el de asegurar el servicio de calidad, y segundo, que el aspecto económico sea rentable.

Los puertos marítimos son lugares con mucha actividad logística-comercial, el control de la mercadería es una tarea básica. Saber que es lo que llega y lo que sale, y en donde se encuentra, es una labor primordial para los puertos.

La mercadería arriba en contenedores metálicos estandarizados. Su principal material es el acero. Existen diferentes tamaños:

- El ancho es de 8 pies (2,44 metros)
- El alto varía entre 8 pies y 6 pulgadas (2,59 m) ó 9 pies y 6 pulgadas (2,90 m).

- El largo varía entre 8 pies (2,44 metros); 10 pies (3,05 m); 20 pies (6,10 m); 40 pies (12,19 m); 45 pies (13,72 m); 48 pies (14,63 m) y 53 pies (16,15 m).

Lo más extendido a nivel mundial son los equipos de 20 y 40 pies, con un volumen interno aproximado de 32,6 m³ y 66,7 m³ respectivamente. Las dimensiones de los contenedores están reguladas por la norma ISO 6346 [1].

Esta norma también regula los aspectos de codificación, identificación y marcado, lo que constituye el objetivo del sistema de comunicaciones a implementar. La principal limitación para tener calidad de comunicaciones de datos es la gran masa de metal que representa cada contenedor (2,300 a 3,940 Kg –Tara). Esto causa que la señal se atenué e incluso sufra desvanecimiento ya que los contenedores, al ser apilados, son prácticamente altos edificios que bloquean la línea de vista por completo para equipos móviles de los operarios. Se debe tener en cuenta que estas “urbanizaciones” de contenedores son dinámicas, es decir que cambian de altura según la cantidad de movimiento de los contenedores. La Figura 1.1 es un ejemplo de la distribución de contenedores en puerto.



Figura 1.1 Ejemplo de contenedores en puerto

Para la justificación de la solución, se puede hacer una pequeña comparación entre las tecnologías de datos inalámbricas [2], especialmente entre lo que significa “banda angosta” y “banda ancha” (esta última conocida como WiFi, ó 802.11).

En la actualidad, la banda angosta es una tecnología no estándar, mantenida por muy pocos fabricantes de equipos e implementada de forma propietaria. Esto quiere decir que

una red de radio implementada con equipos de una marca no permite el uso de equipamiento de otras. Esta es el motivo por lo que la tecnología de banda angosta ha quedado destinada a usos específicos, donde hay problemas de cobertura (grandes extensiones u obstáculos representativos) radial. Un ejemplo de este uso específico son las terminales portuarias.

Para la amplia mayoría de usos (centros de distribución, plantas de fabricación, oficinas, tiendas, incluso hogares) la tecnología utilizada es banda ancha, independientemente del fabricante, marca o tipo de equipo.

La 'banda ancha' equivale en tecnología inalámbrica al Ethernet en tecnología 'cableada'. Banda ancha se constituyó definitivamente en el estándar sobre el cual cientos de fabricantes en todo el mundo producen diversos equipos y accesorios para múltiples usos: puntos de acceso industriales y de uso doméstico, handhelds industriales o de uso personal, notebooks, impresoras fijas, impresoras portátiles, routers, switches, tarjetas para PC, etc.

Nota:

Handheld: se define así a las computadoras portátiles que se puede llevar en una mano a cualquier parte mientras se utiliza.

La tecnología de banda angosta posee mayor potencia de transmisión por lo que brinda mayor cobertura de radio. Esto se traduce normalmente en menor cantidad de puntos de acceso y menor necesidad de cableado, diferencia que se incrementa a medida que la superficie a irradiar es mayor. En el caso de banda ancha, para mejorar la cobertura de radio en grandes superficies se utilizan normalmente antenas de ganancia y repetidores inteligentes.

El uso de banda angosta significa imposibilidad de interoperabilidad entre fabricantes y marcas. La implementación con equipamiento de banda angosta de una determinada marca, implica que se tendrá que seguir utilizando ese mismo tipo y marca de equipamiento. El uso de banda ancha a través del protocolo de transmisión estándar IEEE 802.11, permite implementar redes inalámbricas combinando equipamiento de diversos fabricantes.

El uso de ciertas tecnologías de banda angosta puede requerir a los desarrolladores de software la implementación de soluciones específicas para operar con un equipamiento determinado (drivers, handlers, etc.) que pueden derivar en incompatibilidades y/o modificaciones si dicho software se quisiera implementar con tecnología de banda ancha.

Debido a la banda de frecuencia en la que opera la banda angosta, esta tecnología es más sensible a interferencias, debido a que existe en las bandas cercanas otro tipo de equipamiento de radio que puede generar armónicos e interferir sobre la red de banda

angosta. En varios países el uso de banda angosta requiere la presentación de un proyecto a la autoridad competente que regula el espacio radioeléctrico, y posterior autorización de uso. La tecnología de banda ancha, además de utilizar una banda de radio mundialmente establecida para uso comercial, incluye sofisticados protocolos que permiten inmunidad a interferencias.

El aspecto económico que inicialmente se considera en la comparativa entre ambas tecnologías es la cantidad de puntos de acceso y cableado requerido. No obstante hay otros aspectos a considerar: costo del resto del equipamiento, costo de reparaciones en el futuro, disponibilidad del equipamiento (o reemplazo) en el futuro.

Definitivamente, aplicar banda ancha en un ambiente portuario no era una opción tecnológica viable. La otra alternativa era el uso de GPRS, que es el utilizado por la telefonía celular. Por ejemplo ya hay implementaciones en puertos en donde en vez de instalar banda angosta se implementaron capturadores con tecnología GPRS/celular y de esta manera se evitó incluso el uso de puntos de acceso. Sin embargo, para tomar la decisión del uso de banda angosta, primó no sólo el costo por el servicio, sino el hecho de poder integrar los datos a los sistemas propietarios (SIOP-Sistema Integrado de Operaciones Portuarias).

1.4 Alcance del trabajo

El informe se enfoca en mostrar la solución de cobertura mediante banda angosta del puerto del Callao, como modelo para su aplicación en los restantes puertos del Perú. Incluso podría servir de modelo a empresas privadas en el rubro logístico que en sus operaciones incluye el almacenamiento de contenedores (Almaceneras, Navieras, etc)

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe.

2.1 Banda Angosta

Este término es ampliamente usado y su definición ha cambiado en el tiempo. Históricamente, los canales de 50 (UHF) o 60 (VHF) kHz de ancho eran llamados “Banda ancha” y los canales de 25 (UHF) o 30 (VHF) kHz fueron llamados “Banda Angosta”.

Desde que la FCC emitió en 1999 la reglamentación respecto a la mejora de la eficiencia del espectro de los canales de radio, el término hoy día se refiere a los canales de radio de menos de 12.5 kHz de ancho de banda.

En enero de 2013 es la fecha final para que todos los servicios operen en “Banda Angosta” o 12.5 kHz de ancho de banda. En un tiempo futuro la FCC planea iniciar otra mejora al reducir el canal de “Banda angosta” a 6.25 kHz de ancho de banda. Esa nueva reglamentación ha sido diferida hasta que exista la tecnología suficiente para hacerla práctica

2.1.1 Generalidades

En respuesta a la creciente demanda de más canales de radio que afrontaban un limitado espectro del mismo, en marzo del 2007 la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) adoptó nuevas reglas para hacer disponible más canales de radio en las bandas de 150-174 MHz y 421-512 MHz UHF [3].

La FCC redujo de 30 KHz a 15 kHz (banda VHF) y de 25 KHZ a 12.5 KHZ (banda UHF), es decir a la mitad del tamaño de los canales actualmente existentes en esta banda de frecuencia.

Para el 1 de enero del 2013 todos los concesionarios deberán migrar a los canales nuevos, modificando sus licencias y asegurando que todo su equipo esté certificado para funcionar en una banda más angosta. Existen tecnologías de modulación de banda angosta que cumplen las reglas nuevas tanto para las modulaciones analógicas como para las digitales.

La información contradictoria acerca de las reglas y las tecnologías han dado como resultado la confusión para los concesionarios.

2.1.2 Conversión a banda angosta

La Comisión federal de comunicaciones (FCC) promulgó una reducción en la banda de Negocio/Industria y de bandas Públicas con sistemas de 150-174 MHz VHF y 421-512 MHz UHF para permitir más canales de radio para ser más disponibles.

Hay un precedente para esta conversión. Los canales de radio VHF fueron originalmente 60 KHz de ancho, basados en los equipos disponibles en los años (1950). Como la tecnología mejoró permitiendo a canales más angostos y algunas áreas comenzaron a experimentar congestión, la FCC dividió los canales 60kHz en dos de 30 kHz de ancho.

Estos fueron llamados canales "banda angosta". Cuarenta años más tarde, la FCC otra vez dividió la "banda angosta" de canales 30 khz en la mitad, es decir a 15 kHz canales de ancho. En la banda UHF, los antiguos canales de 50 kHz de ancho fueron divididos en 25 kHz en el mismo momento que los canales VHF fueron divididos. Estos canales están ahora siendo divididos en 12.5 kHz canales de ancho.

Para explicar este proceso en detalle, se puede observar el ejemplo de la Figura 2.1 para el caso de VHF. La frecuencia central de un canal original de 30kHz permanece mientras que su ancho de banda se reduce a 15 kHz.

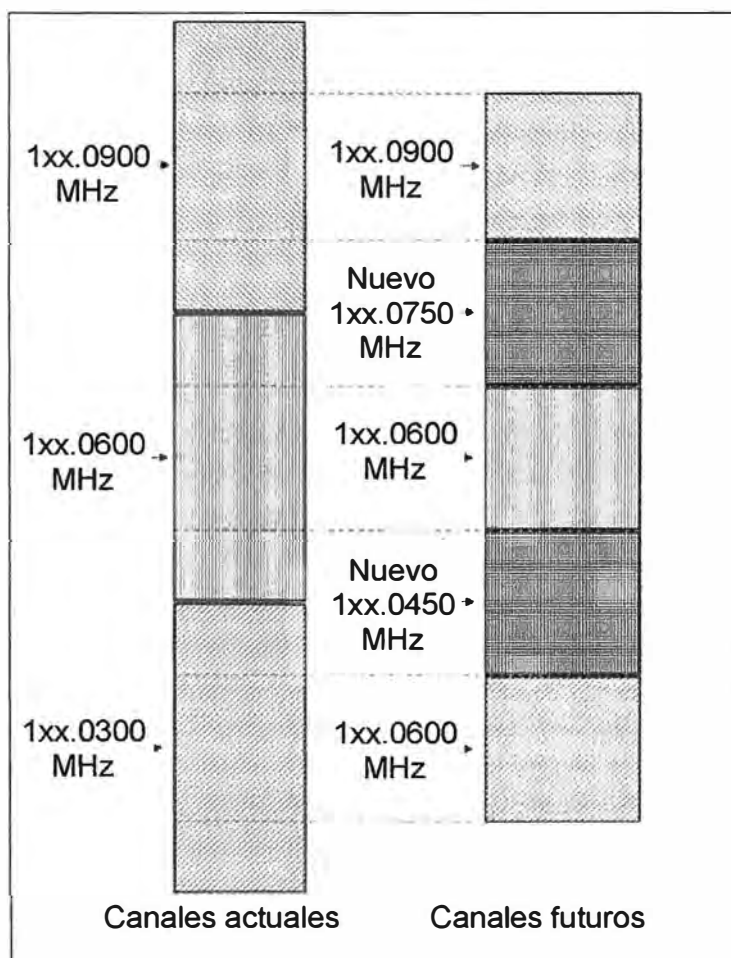


Figura 2.1 Ejemplo de división de canales VHF

Para crear nuevos canales adyacentes, un cuarto más alto ("1xx.0300MHz ") y un cuarto más bajo ("1xx.0600mKz") se necesita combinar estos para conseguir un nuevo canal de 15kHz de ancho (MHz "1xx.0450") entre las frecuencias centrales de los canales originales. El proceso es repetido para el otro nuevo canal. Así, mientras nuevos canales de 15 kHz de ancho son creados entre ellos, los tres canales originales se mantienen pero reducidos a a 15 kHz. Este proceso es repetido a través de toda la banda. La Figura 2.2 y 2.3 3 muestran múltiples canales y la diferencia entre canales VHF y UHF.

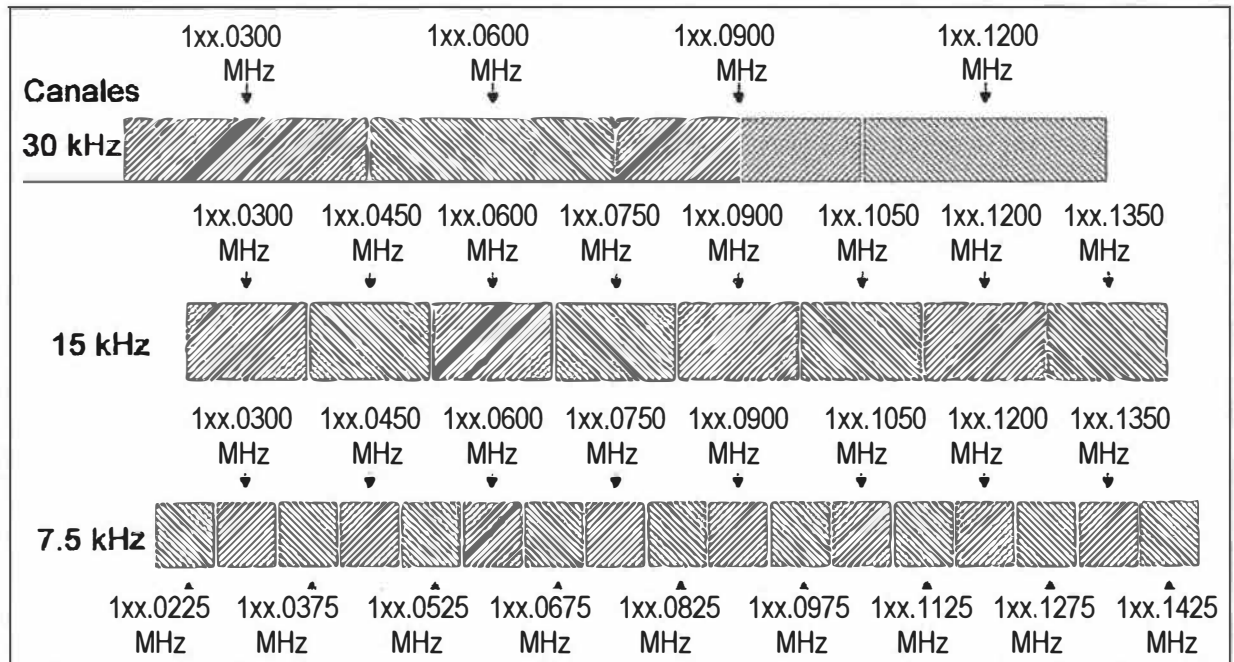


Figura 2.2 División de canales VHF

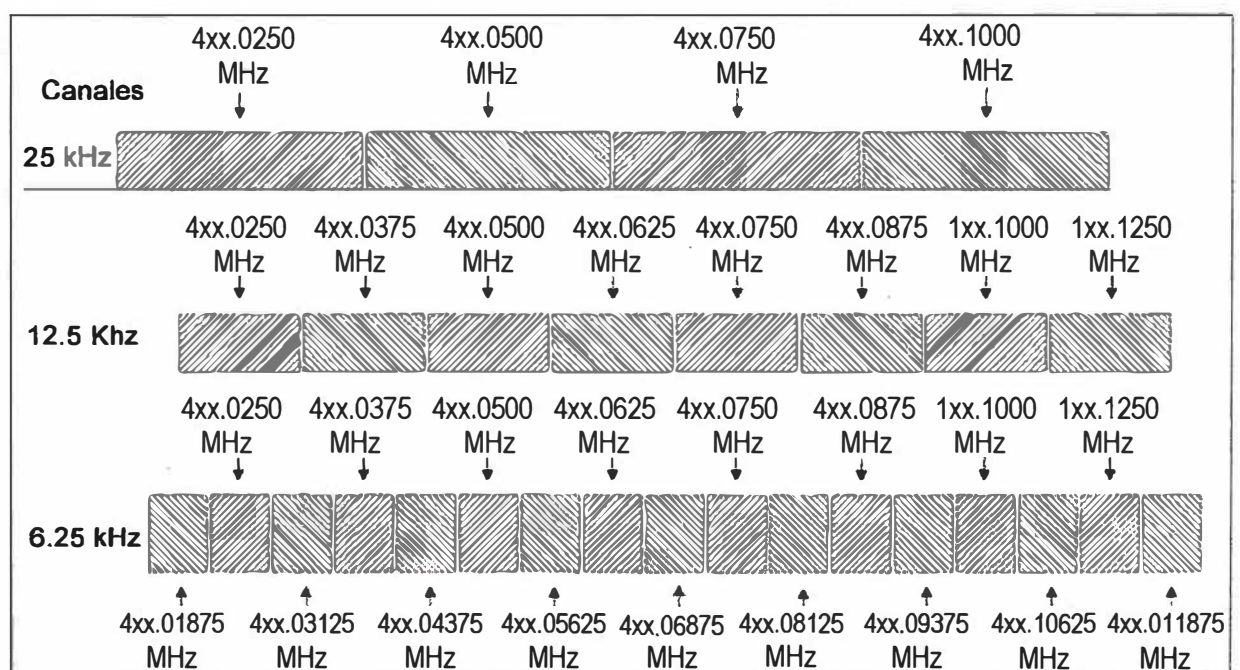


Figura 2.3 División de canales UHF

La FCC ha adoptado un estándar aceptado internacionalmente para definir el ancho de banda y la modulación de un sistema de radio (designadores). El siguiente es un ejemplo de ello (Tabla 2.1):

Tabla 2.1 Simbología para definir sistema de radio

11K2	F	3	E
Ancho de banda necesaria es 11.2 kHz	Modulación en frecuencia (Modulación de la portadora principal)	Canal análogo simple (Naturaleza de la señal de la portadora principal)	Voz (Tipo de información a ser transmitida)

Detalles de cómo los designadores son definidos pueden ser encontrados en la sección §2.201 de las reglas FCC las cuales son de divulgación pública [4] para efecto de este informe, el mismo puede ser consultado en el Anexo A, para los la simbología usada para describir el ancho de banda se puede consultar la sección §2.202 [5].

A pesar de lo explicado líneas arriba, para el caso de la banda angosta se usan dos designadores básicos, por ejemplo el designador para el canal de 30 kHz de ancho en VHF y para el canal de 25 kHz de ancho en UHF, para canales análogos de voz, es de “20K0F3E”.

Para transmisión de voz análoga, para los canales de 15 kHz de ancho de banda en VHF, y para los 12.5 kHz de ancho de banda en UHF, el designador es “11K2F3E”. Si fuera para transmisión de voz de manera digital el cambio sería a “11K2F1E” para el último caso

El objetivo de la FCC respecto a la banda angosta fue el de disponer de más canales de radio. Sin embargo, cuando la FCC agregó los canales de banda angosta de 15 (VHF) y de 12.5 (UHF) KHZ, se consideró también los futuros canales de 7.5 y 6.25 kHz en las secciones 90.20 y 90.35, tomando en cuenta su utilización sin interferencia.

La cantidad exacta de cuantas “nuevas” frecuencias estarán disponibles variará por de área. Para todos los casos, el designador de emisión será de 11K2F3E, para voz análoga, y de 11K2F1E, para voz digital, representando lo que las transmisiones de voz usarán después de enero de 2013.

2.1.3 Equipos

Todo equipo nuevo que haya sido certificado a partir de 1997 en VHF 150-174 MHz y en la banda de 421-512 MHz UHF, deben tener la capacidad de operar con 12.5 kHz de ancho de banda (el emisor designado 11K2F3E). Este equipo podrá ser usado luego del 1 de enero de 2013 con tal que el equipo sea reprogramado para funcionar con ese ancho de banda y que la operación 25 kHz esté deshabilitada.

Sin embargo, el equipo comprado antes de esa fecha probablemente no tenga la

opción 12.5 kHz y no pueda ser usado luego del 1 de enero de 2013. Los concesionarios también podrían tener almacenados equipos, pero en ese caso, ya no será legalmente usable luego de esa fecha.

Mientras sea posible modificar equipo para operar en los canales más estrechos, la FCC también pide que el equipo sea certificado para trabajar en ese ancho de banda. Rebajando la desviación del transmisor no es suficiente para cumplir los requisitos en los equipos antiguos.

El equipo teóricamente puede ser modificado y certificado para los emisores tipo 11K2F3E pero en la mayoría de los casos no sería eficiente hacerlo.

En cualquier caso, durante la transición tanto los equipos de 25 kHz como los de 12.5 KHz podrían causar interferencia entre ellos.

Los sistemas analógicos de transmisión FM han sido desarrollados para que trabajen satisfactoriamente en los canales 12.5 kHz (11K2F3E). Hay una ligera pérdida de desempeño en áreas donde la señal es débil. La mejor forma para describir esto es las áreas que son "difusas" con canales 30/25 kHz serán más "difusas" con equipos de 12.5 kHz de ancho de banda. En áreas de buena señal hay una pequeña diferencia en la calidad de voz.

La FCC tiende a insistir en la tendencia a reducir a la mitad los canales formulado para enero de 2013. La FCC admite que la tecnología de 6.25 kHz es nueva y todavía está evolucionando y comentan que monitorearán el desarrollo de la tecnología 6.25kHz e iniciará la redacción de normas haciendo para luego establecer una fecha de transición para los canales aún más estrechos cuando la tecnología madure. En este momento todo lo propuesto para esta tecnología es digital.

Además de la modulación de voz, esta regla se aplica a cualquier forma de transmisión de datos o no-voz en las bandas de VHF y UHF. Efectivamente el 1 de Enero de 2013 todos los sistemas deben manejar un ancho de banda 12.5 kHz (la 11K2F1D) kHz o deben tener un mínimo de 4800 bits por segundo para los canales de 6.25 kHz de ancho de banda, o 9600 bits por segundo para los canales de 12.KHz de ancho de banda.

Los sistemas más antiguos podrían funcionar en velocidades de datos mucho más lentas con un ancho de banda 25 kHz y claramente no son hábiles para cumplir con el estándar de eficiencia del espectro.

Todo equipo que no sea de voz también debería ser revisado para determinarse que los transmisores son certificados para la operación con el designador 11K2F2D o 11K2F1D y pueden ser configurados para 12.5 KHz de ancho de banda, en caso contrario deben adquirirse equipos nuevos.

2.1.4 Modulación análoga vs. digital

Concurrentemente para el requisito de banda angosta, se han desarrollado tecnologías digitales de modulación. Una forma particular de modulación digital es comúnmente conocida como "P25" debido a ser el nombre del comité que desarrolló el estándar, APCO Project 25.

Éste no es el único estándar digital de modulación que está disponible para la comunidad móvil terrestre del radio. Por ejemplo, la industria del ferrocarril ha seleccionado a "NXDN" como su estándar digital de modulación de radio de voz.

Aunque comúnmente se considera que "La FCC aplica la P25", no hay nada en el volumen entero de las Reglas y Regulaciones de la FCC que especifique alguna forma de modulación digital para la banda de 800 MHz. El único requisito absoluto de la FCC para la modulación digital está en la nueva banda 700 MHz y la FCC no ha especificado ninguna tecnología para cumplir con este requerimiento.

Aunque la FCC no tiene los requisitos específicos de tecnología, algunas agencias proveen concesiones para hacer eso. El Departamento de Seguridad Nacional de EEUU, bajo la autoridad del programa SAFECOM requiere como parte de cualquier concesión que financian, que el equipo comprado debe tener capacidad " P25 ".

Al comparar la modulación analógica a la modulación digital es crítico reconocer que, mientras haya una pequeña diferencia en la función calidad de audio en áreas de buena señal, hay una gran diferencia entre la modulación analógica y digital en áreas débiles de señal. La modulación analógica pierde calidad lentamente con más y más ruido de fondo como la señal se pone más débil.

La modulación digital es perfecta hasta que no haya suficiente señal para que el decodificador pueda trabajar correctamente. Cuando esto ocurre la señal se silencia y ninguna comunicación es posible. Ni siquiera hay una indicación de que alguien se trata de comunicar.

Operacionalmente, las áreas que son conocidas como "difusas" para las modulaciones analógicas, para la modulación digital son "sordas". Lo cual puede ser representado con la Figura 2.4.

Por esa razón, para lograr una cobertura prácticamente equivalente al análogo para una modulación digital, puede ser necesario aumentar el número de sitios de recepción para mejorar la comunicación. Cada sistema de radio necesita ser cuidadosamente analizado para determinar el efecto del cambio de los esquemas de modulación sobre las áreas de cobertura del radio.

Otra preocupación crítica, al comparar la modulación analógica y digital, es que el codificador digital no puede procesar de manera legible el audio cuando hay a gran nivel

de ruido de fondo.

Esto se nota en particular en un servicio de bomberos debido a la sirena, ya que el operador que va en el camión contraincendios le puede ser difícil de entender en una modulación analógica pero le sería imposible cuando sea en modo digital.

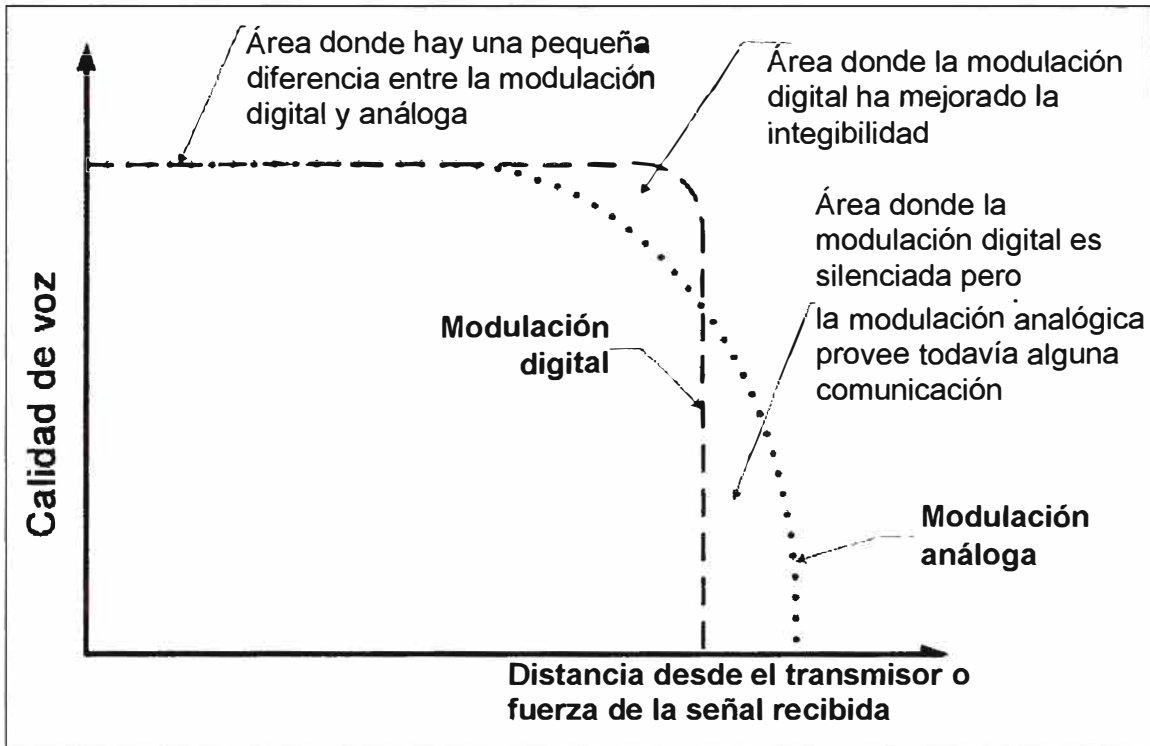


Figura 2.4 Calidad de voz para modulación analógica y digital

El aspecto final que necesita ser considerado cuando se compara la modulación analógica y digital, es que no todos los fabricantes proveen equipos completamente compatibles en el modo digital.

Para equipos analógicos es posible combinar estaciones base con equipos móviles de diferentes proveedores. Esto no sucede necesariamente en el caso de los equipos digitales. Debido a las razones comerciales y el hecho de querer diferenciarse de sus competidores al brindar características especiales, algunos fabricantes han adoptado técnicas de modulación propietarias.

2.2 Banda Ancha – WIFI (IEEE 802.11)

No es la intención de este informe realizar un estudio exhaustivo sobre la tecnología 802.11, ni tampoco llegar a analizarlo hasta el nivel físico (propagación, modulación, seguridad en redes WIFI, ni estudio de campos); pero se cree conveniente mencionar los conceptos generales más importantes.

2.2.1 Generalidades

Las redes inalámbricas se caracterizan por no requerir de un medio guiado (cable) para interconectar a los equipos; sino que hace uso del aire para poder transmitir y recibir los datos.

Como es de suponerse, el envío y recepción de las señales se realiza por medio de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan por cualquier medio, teniendo al aire como principal y mejor medio aunque también pueden propagarse penetrando por obstáculos (paredes, puertas, ventanas, etc.) sufriendo una atenuación considerable y provocando que la señal se pierda dentro del ruido.

Las redes inalámbricas 802.11, desarrolladas por el grupo de trabajo IEEE 802.11 (formado en 1990) y dadas a conocer comercialmente como Wi-Fi por la Wireless Fidelity Alliance (organización conformada por las distintas compañías que desarrollan hardware para esta tecnología y cuya principal misión es el de promover su uso en el hogar y en ambientes empresariales) [6].

2.2.2 Estándares WIFI

Esta tecnología ha ido evolucionando a través de paso del tiempo, a continuación se hace un resumen de cada versión del estándar IEEE 802.11 [7]

a. IEEE 802.11

La primera versión de este estándar apareció en el año 1997 y obtuvo el nombre del grupo que trabajó en él: IEEE 802.11 (ahora conocido también como 802.11Legacy). Utilizaba infrarrojos para la comunicación (por lo que requería de línea de vista) y operaba a dos tasas de transferencia (1 y 2 Mbps). A lo largo de los años fueron apareciendo otras versiones y mejoras del estándar 802.11.

b. IEEE 802.11b

Es una modificación de la Norma IEEE 802.11 que amplía la tasa de transferencia hasta los 11 Mbit/s usando la misma banda de 2.4 GHz. Estas especificaciones bajo el nombre comercial de Wi-Fi han sido implementadas en todo el mundo Utiliza como tecnología de acceso al medio el FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) en la banda ISM de 2.4 GHz y operaba además en dos tasas mayores (5.5 y 11 Mbps).

c. IEEE 802.11a

La revisión 802.11a fue ratificada en 1999. utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 Ghz y utiliza 52 subportadoras orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. No puede interoperar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

Dado que la banda de 2,4 Ghz tiene gran uso (pues es la misma banda usada por los teléfonos inalámbricos y los hornos de microondas, entre otros aparatos), el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias. Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus

desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso; Esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas. Utilizando OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) en la banda ISM de 5 GHz (lo cual lo hacía incompatible con las versiones anteriores) y logrando una tasa máxima de 54 Mbps (teóricos).

d. IEEE 802.11g

En junio de 2003, se ratificó un tercer estándar de modulación: 802.11g. Que es la evolución del estándar 802.11b, Este utiliza la banda de 2,4 Ghz (al igual que el estándar 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, que en promedio es de 22,0 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares. Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b. utilizando DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) en la banda ISM de 2.4 GHz (lo cual lo hacía compatible con la versión b) y alcanzaba igualmente una tasa máxima de 54 Mbps teóricos).

e. IEEE 802.11n

En enero de 2004, el IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 (Tgn) para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11. La velocidad real de transmisión podría llegar a los 600 Mbps (lo que significa que las velocidades teóricas de transmisión serían aún mayores), y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y unas 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b.

También se espera que el alcance de operación de las redes sea mayor con este nuevo estándar gracias a la tecnología MIMO Multiple Input – Multiple Output, que permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de varias antenas (3).

Existen también otras propuestas alternativas que podrán ser consideradas. El estándar ya está redactado, y se viene implantando desde 2008. A principios de 2007 se aprobó el segundo boceto del estándar. Anteriormente ya había dispositivos adelantados

al protocolo y que ofrecían de forma no oficial este estándar (con la promesa de actualizaciones para cumplir el estándar cuando el definitivo estuviera implantado).

Ha sufrido una serie de retrasos y el último lo lleva hasta noviembre de 2009. Habiéndose aprobado en enero de 2009 el proyecto 7.0 y que va por buen camino para cumplir las fechas señaladas.² A diferencia de las otras versiones de Wi-Fi, 802.11n puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2,4 GHz (la que emplean 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (la que usa 802.11a).

Gracias a ello, 802.11n es compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de Wi-Fi. Además, es útil que trabaje en la banda de 5 GHz, ya que está menos congestionada y en 802.11n permite alcanzar un mayor rendimiento.

El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009 con una velocidad de 600 Mbps en capa física

2.2.3 Infraestructura de redes WIFI

Se destacan a las Redes modo Ad-hoc y las Redes modo Infraestructura.

a. Redes modo Ad-hoc

Aquella en la que no existe ningún dispositivo que controle las comunicaciones entre las estaciones de la red ni que permite interconectarlos con un DS (Distribution System). Son redes aisladas, fáciles de implementar, de uso temporal, corto alcance y reducido número de estaciones.

b. Redes modo Infraestructura:

Aquella en la que sí existe al menos un dispositivo (AP) que controle las comunicaciones entre las estaciones y les permite además interconectarlos con un DS (Distribution System), logrando que puedan conectarse con otras BSS (basic service set) y formar así un ESS (Extended Service)

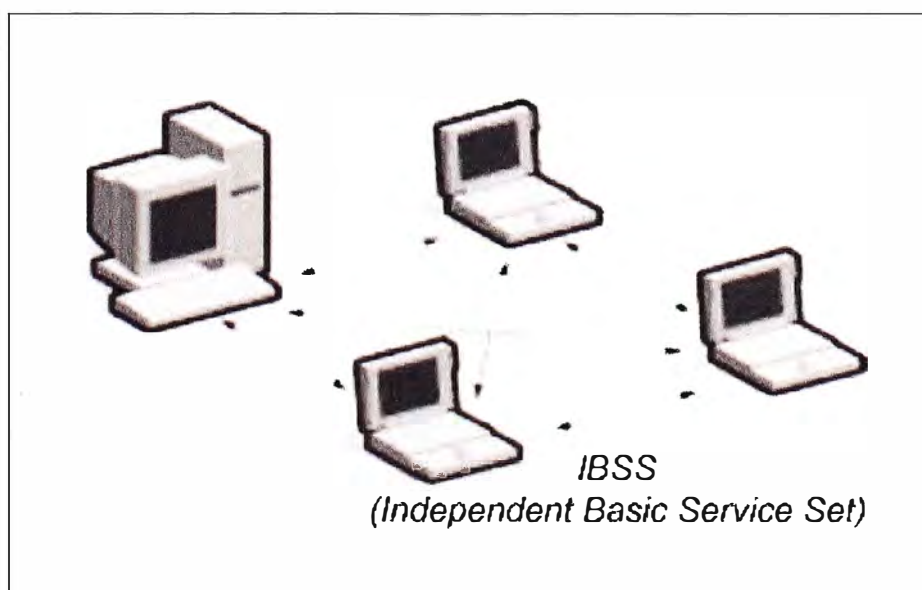


Figura 2.5 Red Inalámbrica modo Ad-hoc

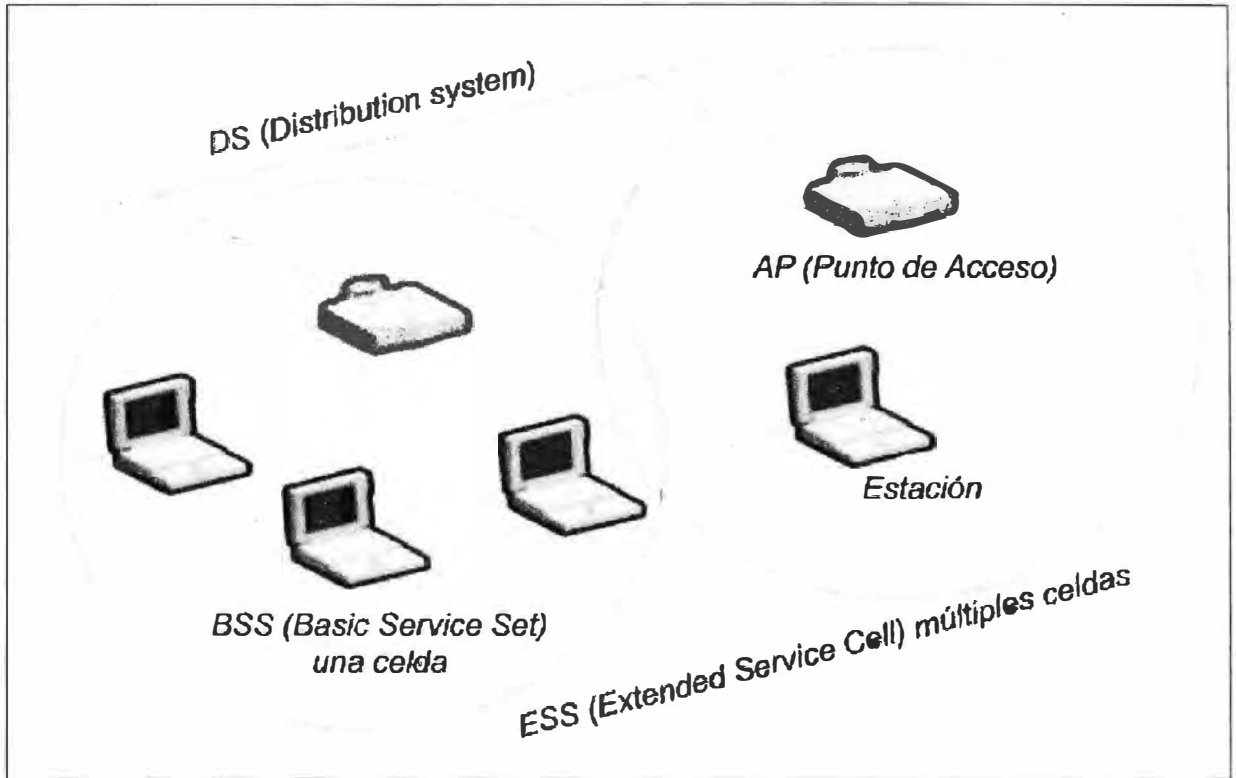


Figura 2.6 Red Inalámbrica modo Infraestructura

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se describe la ingeniería del proyecto red inalámbrica para operaciones de puertos del Perú. El caso de estudio es el puerto del Callao.

3.1 Planeamiento de la solución

La empresa portuaria no realizaba ningún control sobre los contenedores en tiempo real. No existía sistema de comunicaciones alguno. El trabajo se realizaba de manera manual, recopilando los datos por escrito y entregando dicha información al final del turno, al personal logístico el cual se encargaba de trasladar esos datos a un sistema informático llamado SIOP.

La empresa vio la necesidad de contar con un sistema de comunicaciones que le permitiera la recopilación de datos desde cualquier punto del puerto y el envío de dicha información al sistema original. La solución de comunicaciones debía contar con una solución de software para que sirviera de interfaz con el SIOP.

El área a la que se debía asegurar las comunicaciones (patios de contenedores) se muestra en la Figura 3.1. El puerto es ENAPU (actualmente administrado por APM Terminal, empresa privada especializada en puertos). En el lado izquierdo de la figura se observa al muelle norte, El muelle sur no requería de cobertura por ser administrado por otra empresa (DUBAI).



Figura 3.1 Área de cobertura requerida

3.1.1 Evaluación de alternativas

Dada la enorme cantidad de contenedores en la zona de estudio. Se evaluó diversas tecnologías para las comunicaciones inalámbricas.

El uso de banda ancha quedó descartado por no ser adecuada, es decir sumamente susceptible a las atenuaciones de la señal, lo que podía ser compensada con una extensa cantidad de puntos de acceso. Aún si se hubiese optado por esta solución, el posicionamiento de los puntos de acceso hubiera representado una tarea muy costosa de implementar y administrar. El número de puntos aumentaría las posibilidades de falla.

Otra opción, GPRS, un sistema de comunicación inalámbrica orientada a datos, tenía el inconveniente de no ser una red privada con la interfaz hacia el sistema de gestión propio de ENAPU.

Una tecnología que viene siendo utilizada exitosamente a nivel portuario es la banda angosta, aspecto que ya fue descrito en el capítulo anterior. Se debían por lo tanto determinar el número de radiobases y el equipamiento complementario para cumplir con los requerimientos de ENAPU.

3.1.2 Dimensionamiento

Se determinó que sólo eran necesarios tres antenas omnidireccionales y equipos transmisores de 2 vatios de potencia para brindar la cobertura necesaria.

Se buscaron las ubicaciones más altas dentro de la zona de estudio. Las antenas finalmente se situaron en: La zona denominada “El Pozo”, en otra zona denominada “Silos” y la última en la oficina administrativa (Figura 3.2)



Figura 3.2 Ubicación de antenas omnidireccionales

3.2 Descripción de la solución

El esquema de la solución es presentada en la Figura 4.3. Solo se muestra la

conexión de una de las estaciones base, las restantes tienen el mismo esquema y se conectan al servidor de comunicaciones vía cable UTP.

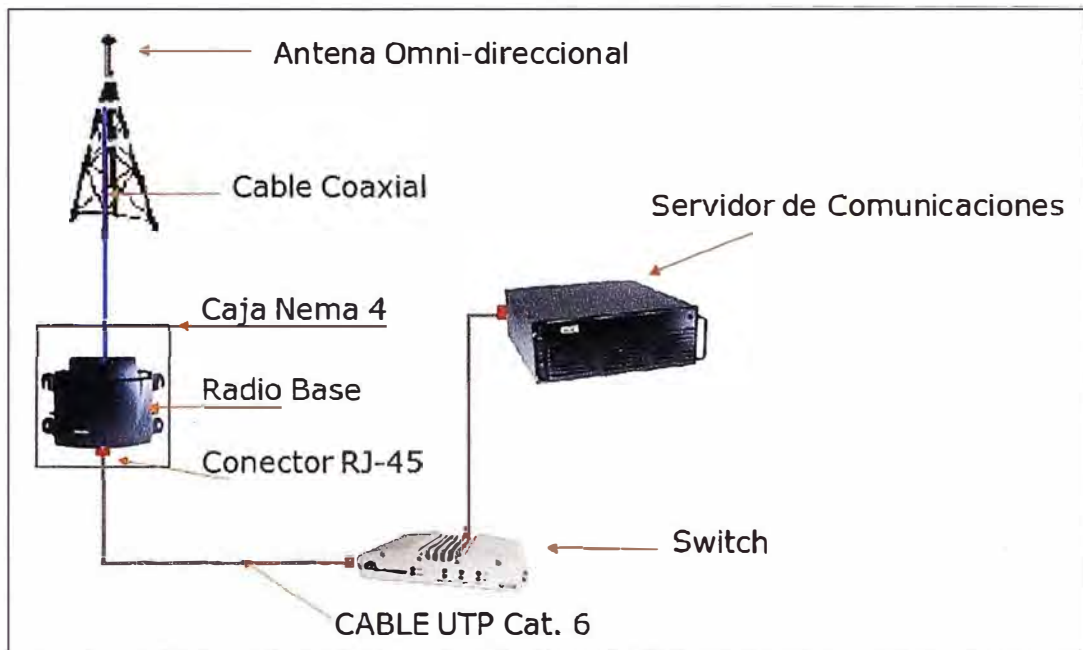


Figura 3.3 Esquema de conexionado de la solución

La Figura 3.4 muestra el esquema de distribución de la solución. Los elementos móviles se sitúan en cualquier lugar del área de cobertura, mientras que el servidor de comunicaciones (9500) en la sala de servidores, las demás radiobase (9150) en los puntos ya indicados en la Figura 3.2.

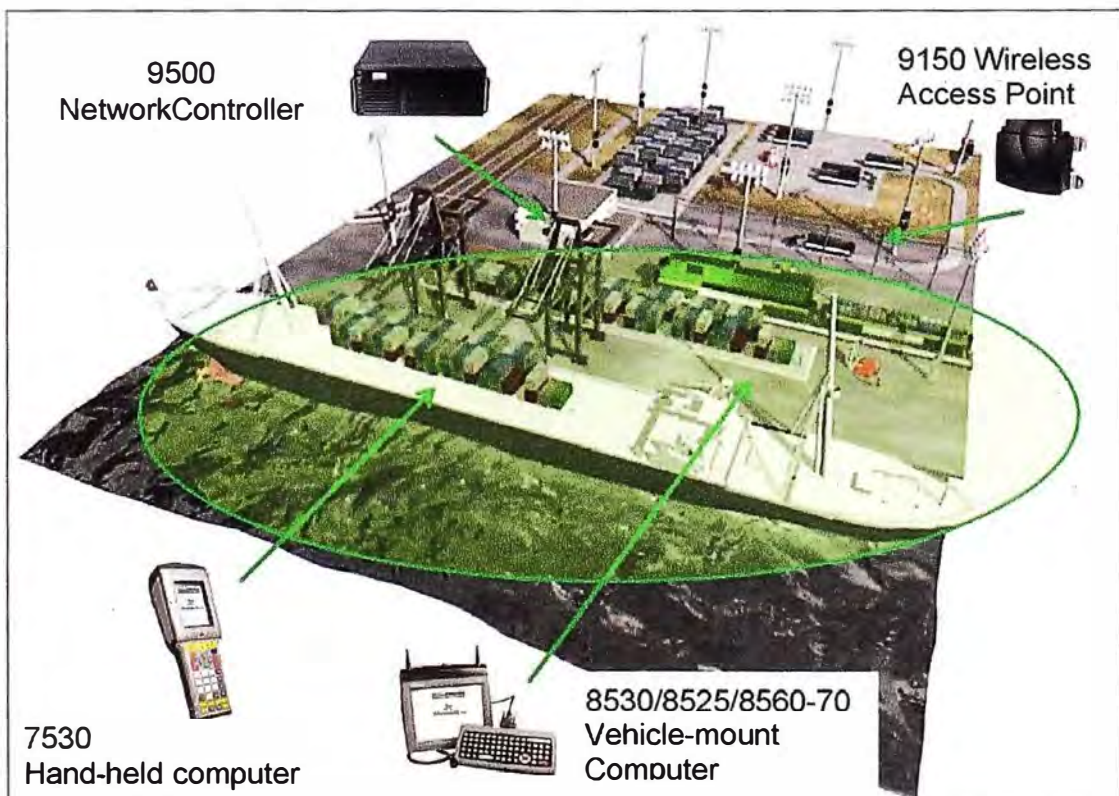


Figura 3.4 Esquema de conexionado de la solución

En la Figura 3.5 se observa los elementos que son parte de la solución.

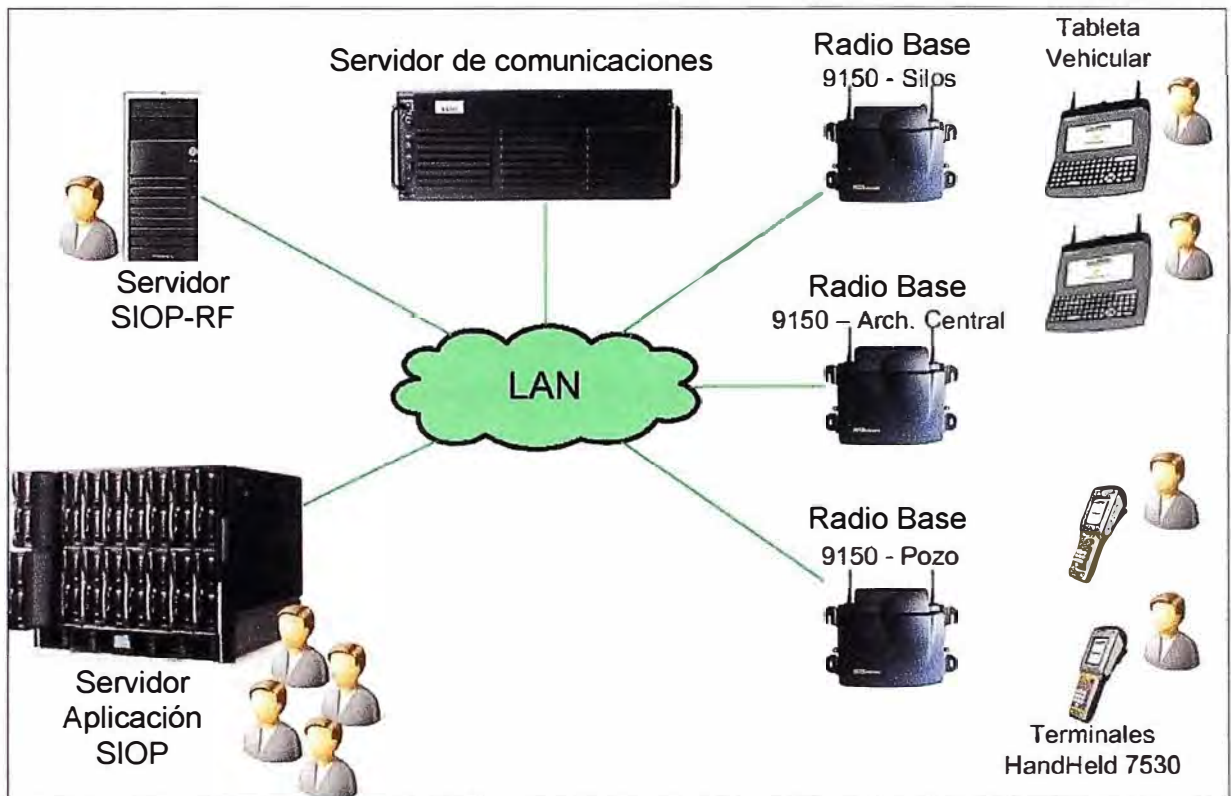


Figura 3.5 Esquema general de la solución

3.2.1 Servidor SIOF-RF

Para adaptar la información proveniente de los terminales del sistema implementado, se desarrolló el llamado SIOF RF. Este sirve como interfaz emulando la introducción de datos que se realizaba manualmente. Los datos son pre procesados por el servidor del SIOF-RF y enviados al servidor del SIOF. En la figura 3.6 se muestra la imagen del servidor.

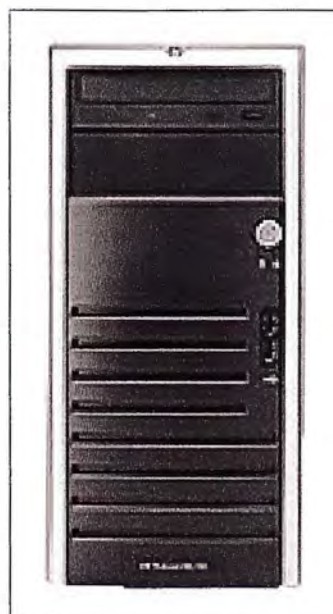


Figura 3.6 Servidor SIOF-RF

Las características del servidor SIOP-RF son las siguientes [8]:

Físicas

- Dimensiones 36.7 x 42.6 x 17.5 cm
- Peso 15 kg

Requerimientos ambientales

- Temperatura de operación : 0 a 35°C
- Humedad relativa de operación : 10 a 90% (sin condensación)
- Temperatura de almacenamiento : -40 a 60°C
- Humedad relativa de almacenamiento: 10 a 90% (sin condensación)

Requerimientos de energía

- Voltaje de alimentación: 90 – 135 VAC 180 – 265 VAC.
- Frecuencia : 50 - 60 Hz
- Corriente: 4A (180 - 265 VAC)

Procesador y memoria

- Microprocesador Intel Xeon (single Core)
- RAM de 2048 Megabytes

Interfaces LAN

- Fast Ethernet 10/100 Mbps (HP NC-Series Broadcom).

3.2.2 Servidor de comunicaciones

El servidor de comunicaciones (CS) 9500 (Figura 3.7) es un concentrador inteligente para soluciones de infraestructura inalámbrica. Está diseñado para realizar la transmisión inalámbrica de datos en entornos vastos donde se efectúan gran cantidad de transacciones de manera segura.



Figura 3.7 Servidor de comunicaciones 9500

En el Servidor de Comunicaciones (CS) 9500 está instalado el software PTX COMMUNICATIONS SERVER, que finalmente se agrega a un servicio en Windows Server donde crea su propio localhost y puerto TCP específico (8008) para su administración y control de servicios. El acceso al servicio del PTX Communications Server es vía Web, definiendo su puerto de acceso (<http://localhost:8008/>).

De esta manera se puede acceder a la administración del servicio y configuración para los dispositivos inalámbricos, definiendo los tipos de datos transmitidos (data stream).

Este equipo es el más importante. La Figura 3.8 ayuda a explicar la funcionalidad del sistema en general.

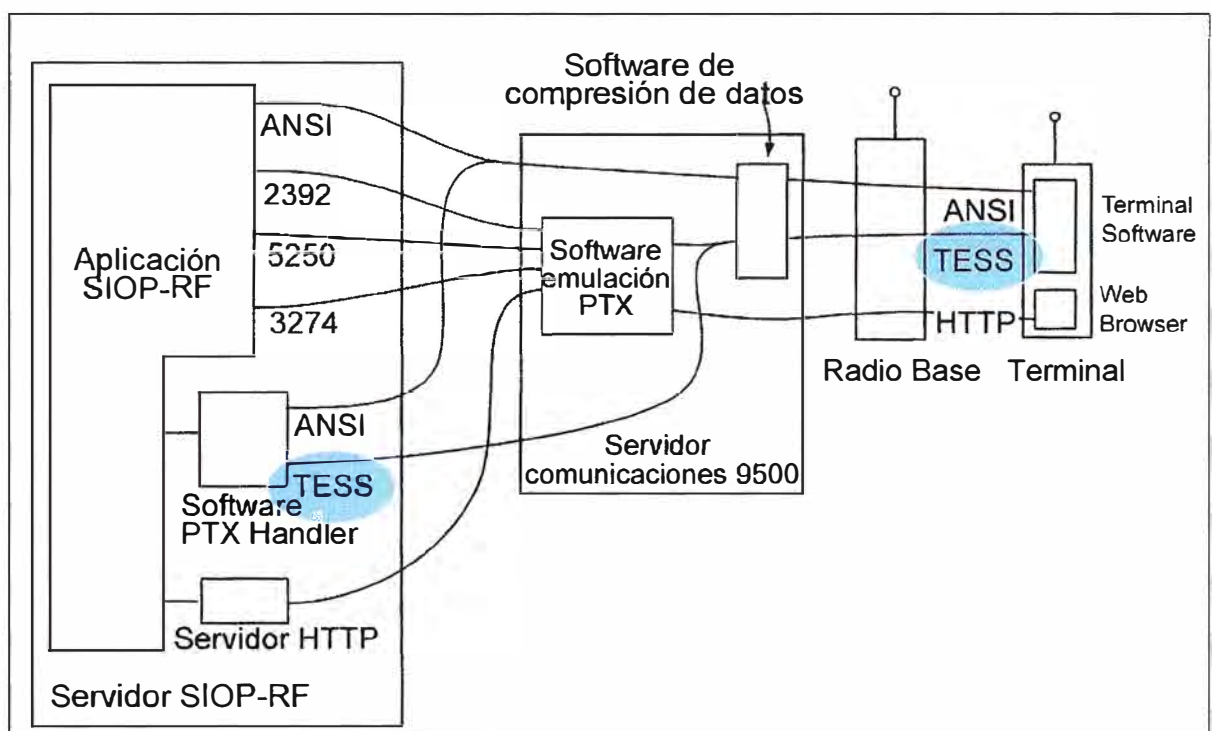


Figura 3.8 Esquema de protocolos posibles del 9500

Por un lado se tiene al ya mencionado SIOP-RF, el cual contiene la aplicación respectiva. El servidor debe estar preparado para manejar diversos tipos de estándares de datos transmitidos (data stream).

- **ANSI:** Emulación ANSI, el host debe ser configurado para trabajar con terminales ANSI, VT-100 o VT-200, Muchos sistemas pueden negociar sus terminales cuando usan el protocolo Telnet. El host con Sistema operativo NT, debe utilizar este tipo de emulación.). Aunque los terminales Psion Teklogix pueden ser también configurados para aceptar ANSI, se optó por trabajar en solamente en TESS dado que con ello se cumplía los objetivos

- **TESS.-** Para el control de los terminales móviles. TESS (TEKlogix Screen Subsystem) es el sistema nativo de emulación usado por los terminales orinales Psion Teklogix. Con

TESS, todas las características de los terminales pueden ser usados. Por otro lado,. No se optó por el HTTP porque la solución inalámbrica no era en banda ancha y no cumpliendo con la tasa de transmisión de datos necesaria para HTTP.

- **5250**: El servidor soporta la emulación IBM 5250, utilizada para servidores AS/400.
- **2392**: El servidor y los terminales Pison Teklogix también pueden emular HP2392A. diferentes tipos de opciones de conexión para HP3000 son posibles.
- **3274**: Esta emulación se utiliza cuando el host es un servidor IBM tipo mainframe

El Software de emulación PTX es el responsable de realizar los cambios a la trama de datos para adecuarlos a cualquiera de los tipos requeridos, que para este caso es el TESSI. Por otro lado, el software PTX Handler entabla comunicación con los terminales móviles a nivel de gestión.

Tanto el ANSI como el TESS viajan encapsulados en TCP/IP, por lo tanto se pueden ubicar otros elementos de networking (routers, switchs) entre el servidor SIOP-RF y el Servidor de Comunicaciones.

En esta etapa se recomienda tener los requerimientos necesarios para optimizar este servicio. Se debe crear una VLAN (LAN virtual) manejando las prioridades del caso, separándose la data de comunicaciones del sistema y la red administrativa de ENAPU, mejorándose así el desempeño de la solución. Y sobre todo mejorando la seguridad de acceso a los equipos (solo los administradores del sistema deberían tener acceso a la VLAN mencionada)

Las características del servidor de comunicaciones son los siguientes:

Físicas

- Encapsulado de acero
- Dimensiones 43.5 x 53 x 17.5 cm
- Peso 26 kg

Requerimientos ambientales

- Temperatura de operación : 0 to 50°C
- Humedad relativa de operación : 5 to 95% (sin condensación)
- Temperatura de almacenamiento : 40 to 55°C
- Humedad relativa de almacenamiento: 10 to 90% (sin condensación)

Requerimientos de energía

- Voltaje de alimentación 90 - 264 VAC (autovoltaje)
- Frecuencia : 47 - 63 Hz
- Corriente 3A (180 - 264 VAC)

Procesador y memoria

- Microprocesador Pentium-class con RAM de 512 megabytes

Interfaces LAN

Ethernet 10Base-T and 100Base-T built in;

10Base-T available with option card.

Con la finalidad de brindar una mayor robustez al sistema, este equipo se proveyó con doble fuente de poder, doble disco duro y ventilación extra (Figura 3.9).

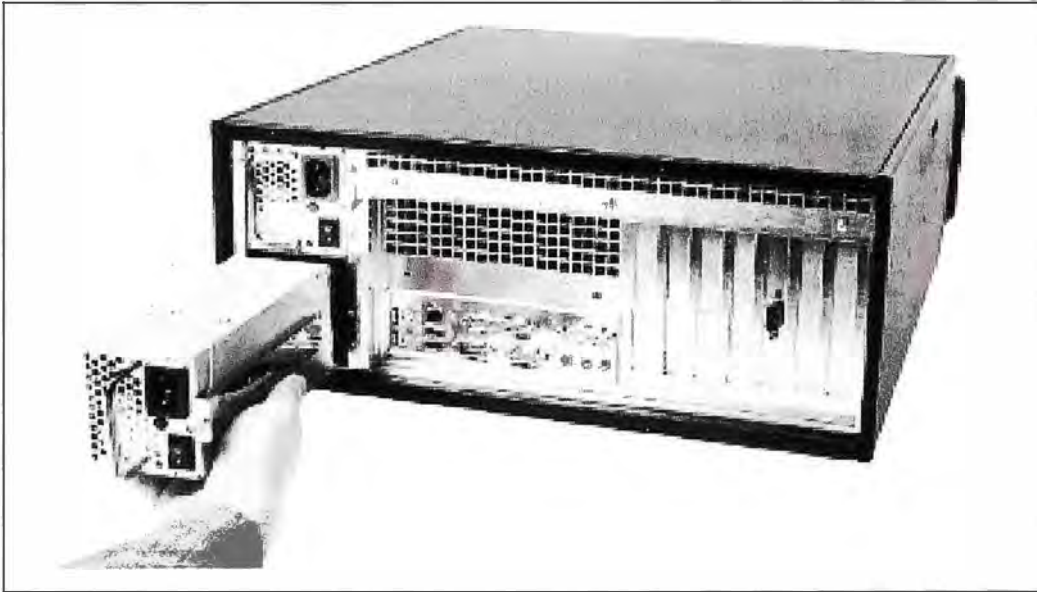


Figura 3.9 Vista posterior del 9500 con la doble fuente

3.2.3 Radio Base

La Radio Base 9150T (Figura 3.10) es un avanzado punto de acceso inalámbrico que permite ajustar tecnologías RF de forma que encajen con sus requerimientos.

Este punto de Acceso ofrece soporte para radios Dual 802.11 (2.4 Ghz) y NarrowBand 450 - 512 Mhz, con diversidad de antenas omni-direccionales y sectoriales para aplicaciones en interior y exterior, además soporta una robusta seguridad, con capacidad para escalar desde el básico WEP hasta 802.11i con encriptaciones AES.

Para el caso de estudio se utiliza solo la tecnología NarrowBand, por los motivos ya expuestos.

Este elemento es mejor conocido como el 9150 Wireless Gateway. Este equipo es el medio por el cual la información que se fluye entre el Servidor de comunicaciones y los terminales móviles, de manera transparente. Este equipo se enfoca en la forma de transmisión y va conectado a una antena para radiar la información pertinente.

El 9150 soporta las siguientes tecnologías:

- TRX7370 Narrow Band DSP. Con tasas de transferencia de datos de 4800 bps y 9600 b/s.
- TekLAN 902 MHz DS Spread Spectrum (TRX7410).
- Lucent WaveLAN IEEE 802.11 DSSS 2.4 GHz (TRX7431 – hasta 11Mbps).

Para el caso de estudio se utiliza la TRX7370. Este equipo se encuentra actualmente

homologado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) según D.S. N° 001-2006-MTC “Reglamento Específico de Homologación de Equipos y aparatos de Telecomunicaciones” (publicado en el diario El Peruano el 21/01/2006), con los siguientes datos:

- Código : TRFM13687
- Marca : PSION TEKLOGIX
- Modelo : 7035 (TRX 7370)
- Función : Transceptor RF portátil de transmisión de datos
- Observación : Vigente según listado 22/07/2011

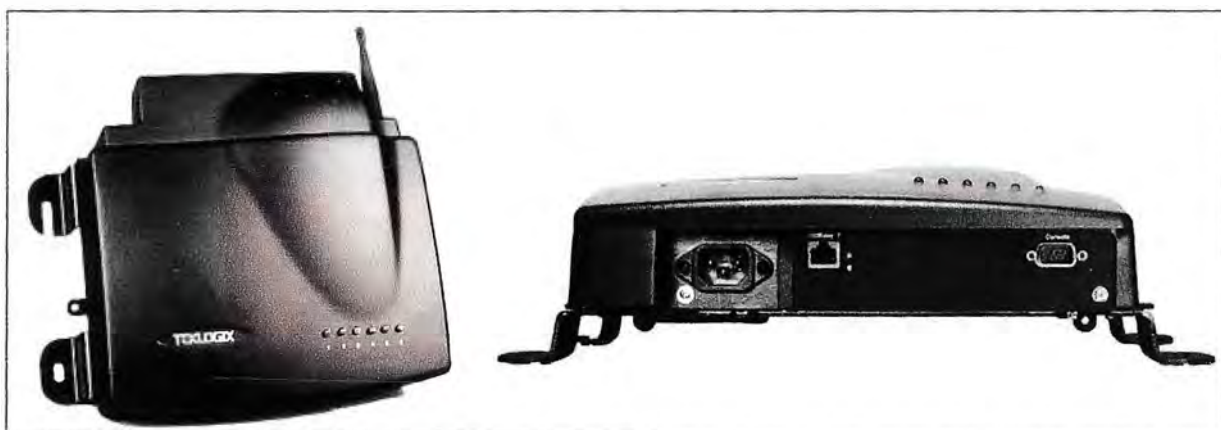


Figura 3.10 Dos vistas de la Radio Base 9150T

Las características de este equipo son los siguientes:

Procesador y memoria

- Microprocessor : 9150T – Power PC 860T, 50 MHz Processor
- Memoria Flash : 2 MB Flash ROM
- Memoria RAM : 16 MB DRAM

Transmisor

- TRX 7370 Enhanced Narrowband
- Potencia Tx : Hasta 2 vatios (básico). La solución usa 1 vatios.
- Frecuencia : 403 a 512 MHz (ENAPU dentro del rango 450 a 470 MHz)
- Tasa de datos : 9.6 Kbps
- Canales : 20 (se usaron 6 canales de 12.5 kHz)

Controlador de Red

Interfaz LAN : Con Ethernet 10BaseT/100BaseT (10/100 Mbps)
diagnostic/configuration terminal

Interfaz de diagnóstico/configuración

- Emulación de terminal ANSI, directa o por modem.
- Soporte SNMP (Simple Network Management Protocol).
- TELNET a consola

Navegador HTTP

Opciones de antenas

Para el caso de estudio (NarrowBand) una amplia variedad dependiendo del transmisor. Para este caso el transmisor es Narrowband (403-512 MHz)

Físicas

- Dimensiones: 36.3 cm de alto x 26.2 cm de ancho x 7.4 cm de profundidad.
- Peso: 2.9 kg

Ambientales

- Temperatura de operación : 0°C to 50°C
- Temperatura de almacenamiento : -40°C a 70°C
- Humedad relativa : 10% - 90% (Sin condensación)
- Protección contra lluvia/polvo : IEC 529, IP42

Requerimientos de energía

- Voltaje : 100 – 240 VAC
- Frecuencia : 50/60 Hz
- Corriente : 1.0 A

3.2.4 Antena

Las especificaciones de la antena OGB8-460D de Kathrein (Figura 3.11) [9] son:

- Rango de frecuencia : 440–470 MHz
- Ganancia : 10 dBi
- Impedancia : 50 ohms
- VSWR : < 1.5:1
- Polarización : Vertical
- Máxima potencia : 500 vatios (a 50°C)
- Conector : 7-16 DIN hembra
- Peso : 8 kg

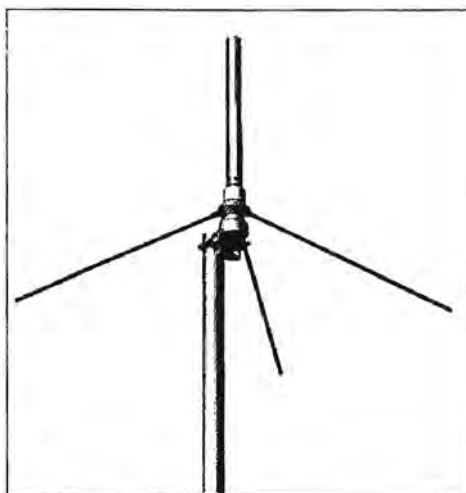


Figura 3.11 Antena Omnidireccional OGB8-460D de Kathrein

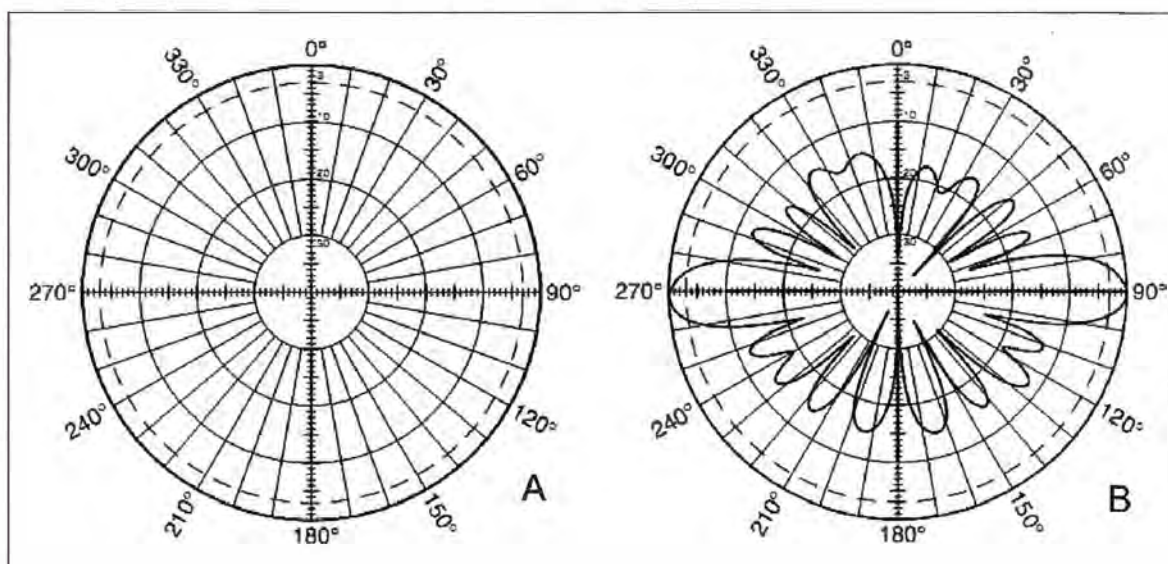


Figura 3.12 Patrón de radiación: Horizontal (A) y Vertical (B) de la antena OGB8-460D

Las figuras siguientes muestran los emplazamientos de las antenas (Rojo) y la Radio Base (verde).



Figura 3.13 Ubicación en Silos

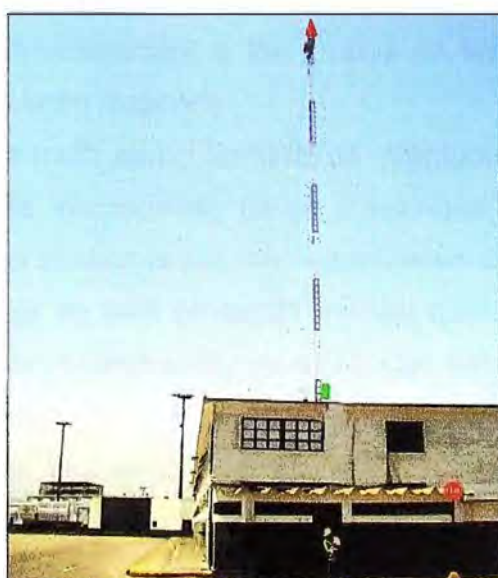


Figura 3.14 Ubicación en edificio administrativo (archivo central)



Figura 3.15 Ubicación en Pozo

3.2.5 Terminales móviles

Los tipos de móviles usados son:

Terminal montable 8525/8530 Teklogix.

El terminal portátil de mano 7530 Teklogix.

La manera en que son interrogados estos equipos es mediante el llamado "Adaptive Polling/Contention Protocol" el cual es siempre usado en los sistemas de radio de banda angosta para tasas de baudios de hasta 19.2 kbps, y que podría ser usado en los sistemas "Spread Spectrum" a tasas mayores.

Los terminales que operan en este protocolo no transmiten a menos que reciban interrogaciones (polling) desde el 9150. Los terminales son generalmente interrogados en masa. Siguiendo a cada interrogación, a los grupos de terminales le son asignados ventanas en la cual ellos pueden responder.

Si una "colisión" ocurre (más de un terminal ha intentado responder en una misma ventana) el 9150 que está interrogando divide y reasigna ese grupo hasta que los terminales que producen las colisiones pueden responder sin colisión.

Características adaptivas de este protocolo permite que las ventanas de respuesta sean ajustadas para acomodar condiciones de alto o bajo tráfico RF, y para prevenir que la información sea postergada demasiado tiempo cuando un terminal en particular tiene una ráfaga de datos para enviar o recibir.

Los sistemas que utilizan interrogación/contención adaptiva puede usar la opción celular para que los operadores de terminales puedan hacer "roaming", manteniendo comunicación ininterrumpida cuando pasan de un área de cobertura a otra.

Una descripción de cada uno de estos equipos es realizada a continuación:

a. Terminal montable 8525/8530 Teklogix.

Los terminales 8525 y 8530 (Figura 3.16) están basados en Microsoft Windows®, por lo que su integración y desarrollo de aplicaciones es sencilla. Los dos terminales están equipados con abundante tecnología: procesador XScale de 520 Mhz-128 MB SDRAM-64 MB Flash ROM, conectividad WiFi, Bluetooth® y banda angosta, posee diversos puertos externos (USB, RS232) que permiten conectar cualquier tipo de periférico [10].

Los terminales 8525 y 8530 funcionan de manera confortable a temperaturas entre los -30 °C y +60 °C. Estos terminales pueden resistir la alta condensación que se produce al pasar de un almacén frío a al exterior caliente. Además poseen una clasificación de protección IP66 (Protección impide entrada de polvo, chorros muy potentes de agua).

Ambos modelos son más que suficientemente robustos para resistir los violentos golpes y vibraciones que se producen diariamente en los entornos extremos.

La carcasa de estos terminales está hecha de magnesio pulvurulento que ofrece una relación resistencia/peso mayor que el aluminio o el acero.

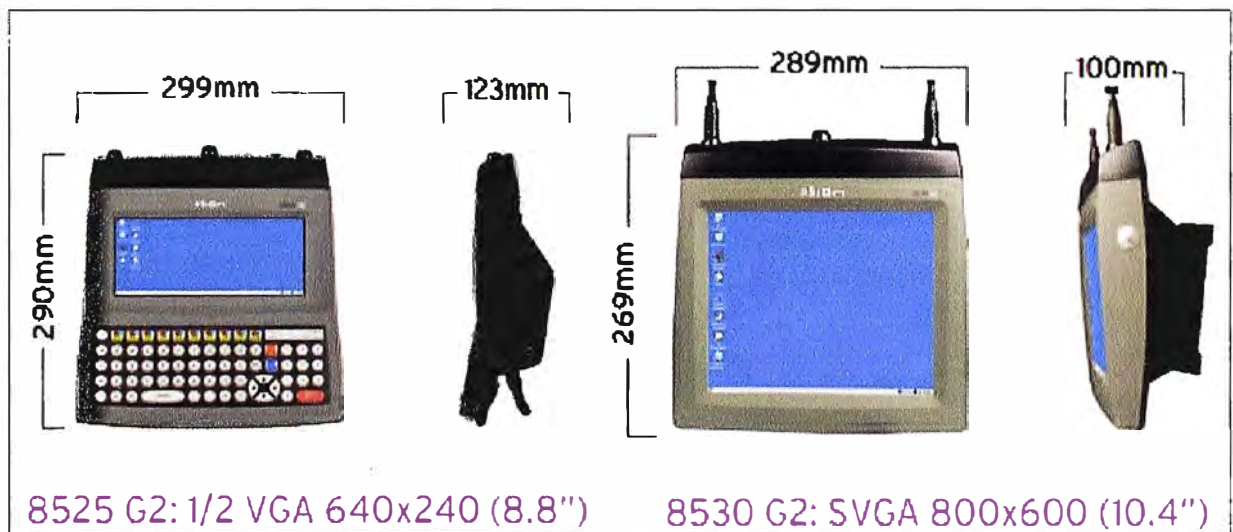


Figura 3.16 Terminal montable 8525/8530

b. Terminal portátil de mano 7530 Teklogix.

Este terminal (Figura 3.17) tiene un sistema operativo Windows® CE. Debido a los estándares industriales en los que está basado, se le puede añadir aplicaciones y accesorios. Posee opciones de comunicación Bluetooth y WiFi, o Banda Angosta [11].

Es capaz de operar en un rango de temperaturas de -30°C a +60°C, con condiciones de humedad de 5% A 95% en condensación. Tiene una clasificación de protección IP67, lo que lo protege de todo tipo de polvo y contra la inmersión completa a 1 m de profundidad por hasta 30 minutos. Resiste caídas de hasta 1.8 m

Este equipo también posee diversos puertos externos (USB, RS232) que permiten conectar cualquier tipo de periférico.

RA1001 - Narrow Band Radio (solo 7530)

Potencia de transmisor: 1W o 0.5W

Rango de frecuencias: 403-422 MHz, 419-435 MHz, 435-451 MHz, 450-470 MHz, 464-480 MHz, 480-496 MHz, 496-512 MHz

Sensibilidad de recepción: < -110 dBm @ 19.2 kbps (4 level FSK)

Tasa de datos: 4800 bps, 9600 bps, 19.2 kbps



Figura 3.17 Terminal portátil 7530

3.2.6 Servidor de aplicaciones SIOP

El servidor de la aplicación SIOP, como se mencionó, es el principal sistema de gestión de operaciones. Desarrollado a medida para ENAPU y con el cual vienen trabajando hace más de diez años.

Este servidor aloja la base de datos de la aplicación, el cual fue recientemente migrado a Sistema operativo Windows Server 2008, y con el motor de base de datos Microsoft SQL 2008. Por la magnitud de las transacciones este servidor es alojado en un servidor modo Clúster de dos nodos, permitiendo mejorar también la disponibilidad en caso de avería de hardware.

Actualmente el hardware que soporta este servicio es dos servidores físicos tipo Blade, alojados ambos en un enclosure marca HP. Se muestra en la Figura 3.18 la imagen de referencia del enclosure y los servidores físicos contenidos. (ENAPU cuenta con 9 Servidores físicos alojados en el chasis HP C7000, el cual soporta un total de 16 servidores físicos tipo blade)

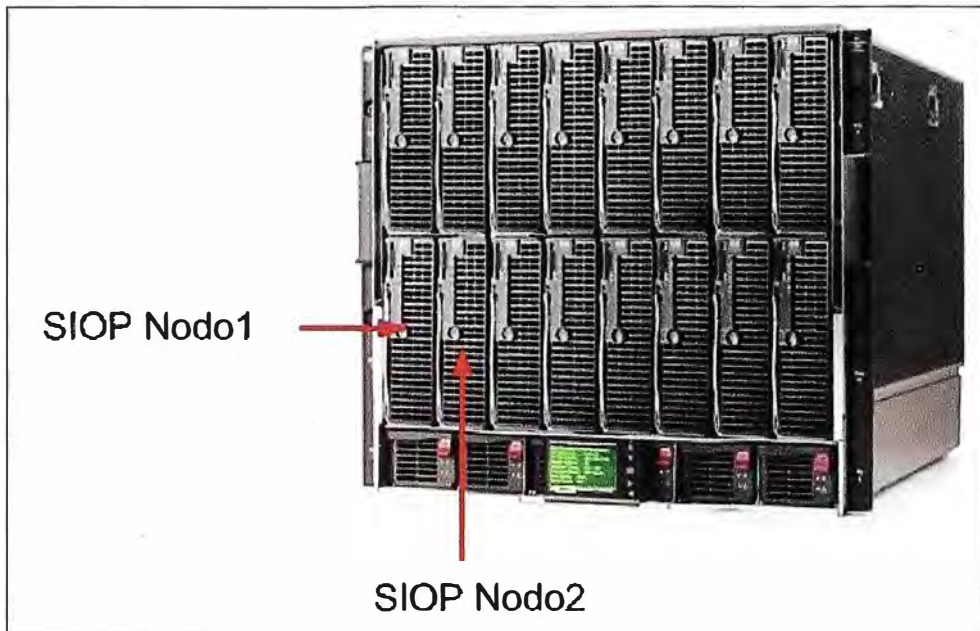


Figura 3.18 Imagen referencial de servidor Cluster SIOP

Las características técnicas de este servidor son las siguientes:

HP Blade system C7000

Datos Físicos

- Dimensiones 44.2 x 44,7 x 81.3 cm
- Peso 100.7 kg a 223.6 kg (De acuerdo al número de servidores Blade incorporado)

Requerimientos ambientales

- Temperatura de operación : 10 to 35°C
- Humedad relativa de operación : 10 to 90% (sin condensación)
- Temperatura de almacenamiento : -30° to 60°C
- Humedad relativa de almacenamiento: 10 to 90% (sin condensación)

Requerimientos de energía

- Voltaje de alimentación 200 - 240 Vrms
- Frecuencia : 50 - 60 Hz
- Corriente 11.4 – 13.9 A (200 - 240 Vrms)

Procesador y memoria

- Microprocesador Pentium-class con RAM de 512 megabytes

Interfaces LAN

- Switch interno con tecnología Virtual Connect. Permite la integración con la red LAN a 100mbps, 1Gbps y 10gbps

Servidor Blade HP BL460 G

Se describe las características del servidor tipo Blade, el cual se incorpora al enclosure C7000 anteriormente descrito, y también una imagen referencial del equipo en la Figura 3.19.



Figura 3.19 Servidor tipo Blade de uno de los nodos del Clúster SIOP

Datos Físicos

Dimensiones 18.17 x 5.56 x 50.95 cm

Peso 7.5 Kg.

Requerimientos ambientales

- Temperatura de operación : 10 to 35°C
- Humedad relativa de operación : 10 to 90% (sin condensación)
- Temperatura de almacenamiento : -30° to 60°C
- Humedad relativa de almacenamiento: 10 to 90% (sin condensación)

Requerimientos de energía

Se alimenta de la fuente interna que tiene el enclosure.

Procesador y memoria

Microprocesador Intel Xeon con RAM de 42 gigabytes

Interfaces LAN

La interface LAN se conecta a través del Enclosure.

3.3 Desarrollo de aplicaciones para terminales de radio

El desarrollo de SIOP-RF fue realizado con el uso del Teklogix Software Development System -TSDK por permitir una programación más sencilla que hacerlo directamente con TESS, además el TSDK permite diseñar pantallas con un editor visual y referenciar las páginas y los campos por nombre [12].

El TSDK ofrece comunicaciones confiables con las estaciones base y los terminales, soporte para múltiples terminales por aplicación y las herramientas para desarrollar aplicaciones cliente/servidor.

La aplicación corre sobre el Teklogix Base Station Server–TekBSS el cual se ejecuta como un servicio de Windows NT, con el diseñador de pantallas Windows Teklogix Screen Formatter– WinTSF y la librería de enlace dinámico TSDKVC.DLL / TSDKBC.DLL (las versiones compiladas con Microsoft Visual C++ 5.0 y Borland C++ 4.5).

El programa TekSIM emula estaciones base y terminales, lo que permite probar el desarrollo sin necesidad de contar con la instalación de radio frecuencia.

Un diagrama simplificado de un sistema de radio frecuencia con una aplicación basada en el TSDK se presenta en la Figura 3.20.

La manera más óptima de desarrollar Sierra Engine es una librería de enlace dinámico que encapsula la librería del TSDK, simplificando enormemente el desarrollo de aplicaciones para terminales de radio frecuencia de Psion Teklogix.

El desarrollo de la aplicación para radiofrecuencia se simplificó con el uso del “Sierra Engine” el cual es una librería de enlace dinámico que encapsula la librería del TSDK.

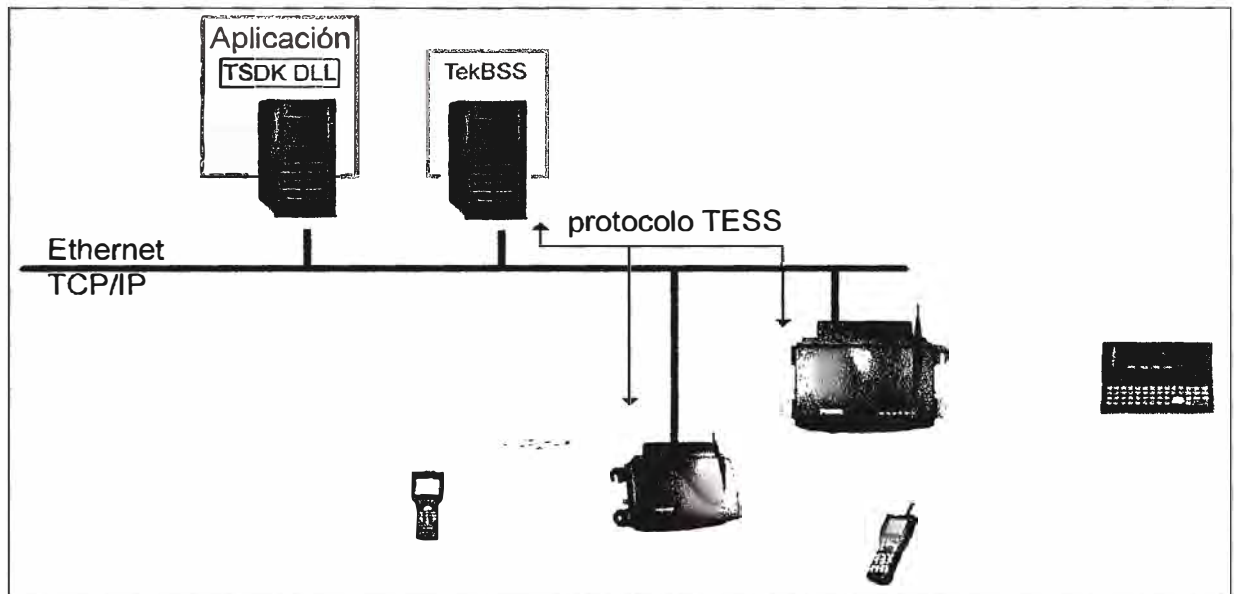


Figura 3.20 Esquema de sistema RF con una aplicación basada en el TSDK

La interfaz del usuario de las aplicaciones desarrolladas con Sierra Engine permite:

- Definir los números físicos de las terminales a utilizar.
- Definir cuáles de las terminales estarán habilitadas para utilizar la aplicación.
- Definir la estación base a utilizar.
- Ver el contenido de la pantalla de cualquier terminal en cualquier momento.
- Operar desde una terminal virtual.
- Saber en todo momento, qué usuario se ha registrado en la aplicación en cada terminal, con indicación de fecha y hora.
- Enviar mensajes de texto a las terminales.
- Terminar o reiniciar la aplicación en una terminal determinada.
- Conocer de un vistazo el estado de todas las terminales (apagada, conectada, bloqueada, etc.)
- Consultar el log de sucesos

Adicionalmente la interfaz de Sierra Engine admite ser personalizada. El programador puede definir:

- El título de la aplicación.
 - El logo, que se muestra en la pantalla principal.
 - El idioma a utilizar (actualmente disponibles Inglés y Español)
 - El icono del botón reservado para la aplicación en la botonera de la pantalla principal
- Este último le permite ampliar la interfaz de Sierra Engine con sus propias ventanas.

En la Figura 3.21 se presenta la pantalla principal de Sierra Engine. En ésta se han señalado las siguientes características:

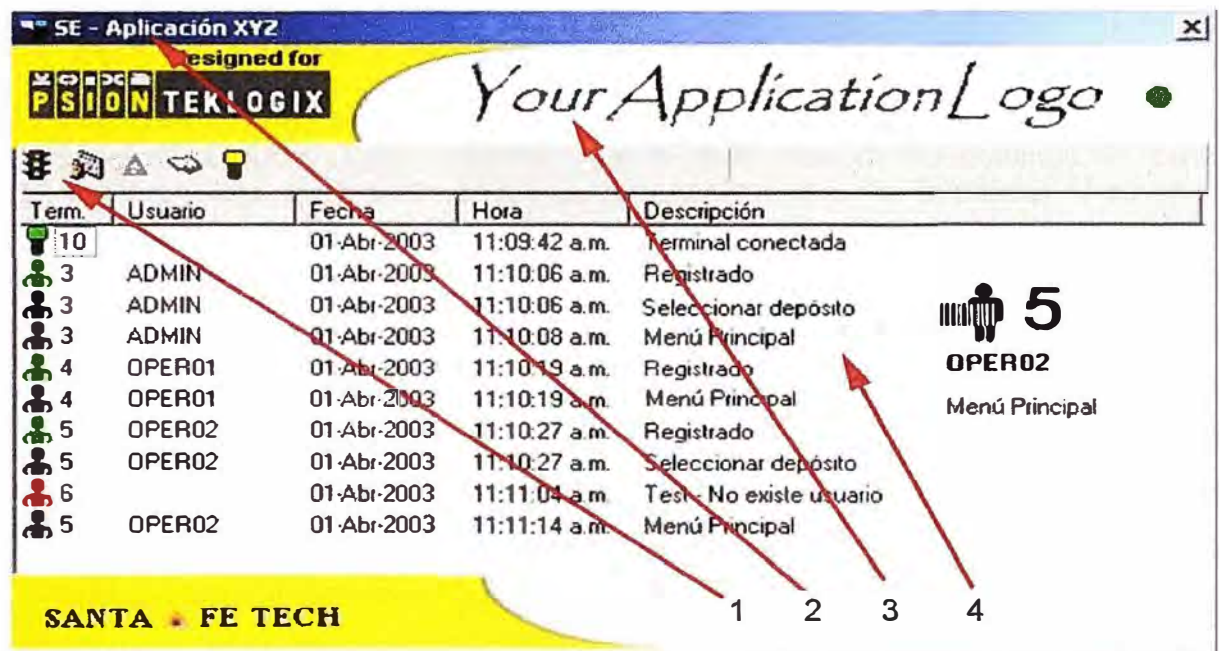


Figura 3.21 Pantalla principal de Sierra Engine.

1. Botonera (toolbar) personalizable. (Sólo segundo botón desde la izquierda)
2. Título de la aplicación personalizable.
3. Logo de la aplicación personalizable.
4. Log de sucesos de Sierra Engine y de la aplicación.

La botonera (toolbar Figura 3.22) de la pantalla principal permite acceder a distintas funciones.



Figura 3.22 Barra de herramientas

1. Estado de Terminales.

2. Definible. Reservado aplicación.
3. Parámetros de Sierra Engine.
4. Visor de archivo Log.
5. Terminal Virtual.

La cuales se explican a continuación:

a. Estado de Terminales

Muestra la pantalla de estado de terminales. Esta pantalla tiene dos modos de funcionamiento dependiendo del estado de Sierra Engine, si se ha iniciado en modo normal o en modo configuración.

Nota: Cuando se inicia la aplicación y Sierra Engine despliega la pantalla principal (ver Figura 1) se muestra el siguiente mensaje durante 3 segundos:

Presione F1 para modo setup...

Si dentro de ese lapso la tecla de función F1 es presionada, Sierra Engine pasa al modo configuración o setup, caso contrario pasa a modo normal. Funcionando en modo configuración sólo serán accesibles algunas funciones y no se inicializan ni se envía ningún mensaje a las terminales.

En modo normal, se muestra el estado de las terminales incluyendo el número físico, el nombre de usuario del usuario registrado en cada terminal con fecha y hora, y un indicador gráfico de estado. Es posible ver el estado de hasta 15 terminales por vez.

Clickeando en las pantallitas de los íconos que representan las terminales, se puede ver lo que está mostrando la pantalla real de esa terminal en ese momento (screenshot). Ver Figura 3.24.

Clickeando en el número de terminal se accede a un diálogo que permite:

- Enviar un mensaje a la terminal
- Bloquear / Habilitar la terminal

En la Figura 3.23 se puede observar el estado de las primeras 15 terminales, de la terminal 0 (terminal virtual) a la 14. Para ver el estado de las siguientes terminales se presiona el botón flecha izquierda/derecha. Éste permite avanzar o retroceder en la visualización del estado de las terminales de 15 en 15.

Los estados que se representan son:

- Apagado
- Bloqueado
- Conectado
- Registrado
- No disponible

Descripción de cada estado:

1. Apagado. Este estado corresponde a una terminal que está habilitada para operar desde Sierra Engine pero que no ha contestado a la solicitud de iniciar la

operación. Se trata generalmente de una terminal apagada o fuera del área de cobertura al momento de iniciar la aplicación. En el caso de la terminal virtual, este estado significa que no se encuentra en uso.

2. Bloqueado. Este estado corresponde a aquellas terminales que han sido bloqueadas desde Sierra Engine durante la operación normal o durante la configuración. Habitualmente se bloquean aquellas terminales que no están en uso de la aplicación temporalmente, por ejemplo, una terminal que se ha enviado a reparar o afectada eventualmente a otra tarea. La terminal virtual no se puede bloquear.

3. Conectado. Representa que la terminal ha respondido y ha comenzado a operar con la aplicación.

4. Registrado. Representa que el terminal está operando con la aplicación y tiene un usuario asociado. Habitualmente, luego de realizar el procedimiento de login de la aplicación.

5. No disponible. En la configuración de Sierra Engine se establece la cantidad máxima de terminales a utilizar. Este valor estará entre 1 y 3840 que es el límite de terminales que soporta Sierra Engine. El estado de las terminales representadas que corresponden a posiciones superiores al valor establecido y hasta 3840 será "No disponible".

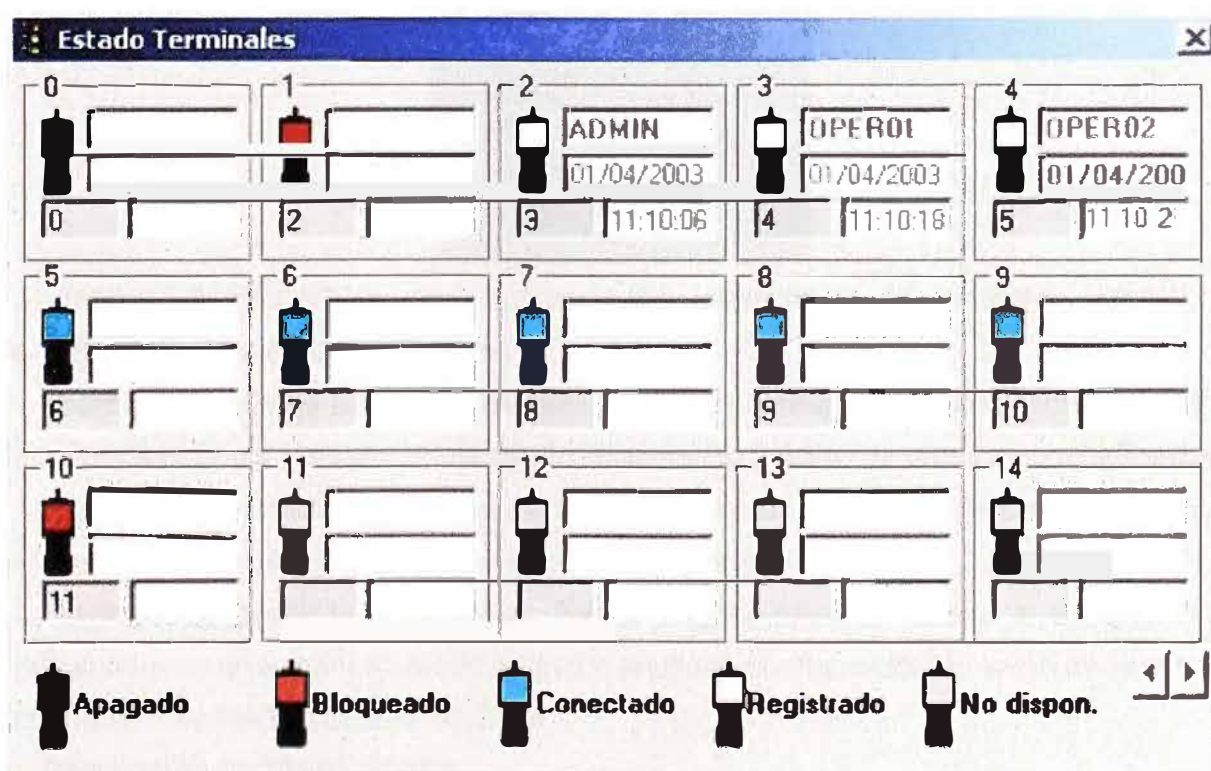


Figura 3.23 Ejemplo de estado de las primeras 15 terminales

En la Figura 3.24 se observa un ejemplo de screenshot de una de los terminales, obtenido desde la pantalla de estado de terminales. La cantidad de líneas y columnas coincide con los valores de dichos parámetros en la terminal física.

Además, en la barra de título de esta ventana se consigna el número de la terminal, el nombre de la pantalla que se está desplegando al operador de la terminal y la hora en que se solicitó el screenshot.

Cuando se accede a la pantalla de estado de terminales en modo configuración (setup) son permitidas las siguientes operaciones:

- Bloquear/Habilitar terminales, clickeando en las pantallitas de los íconos que representan las terminales, excepto las que se encuentran en estado “No disponible”
- Definir / Modificar el número físico, o número de radio, de cada terminal. Nota: Cada terminal habilitada debe tener un número físico diferente, los valores permitidos son entre 1 y 3840.

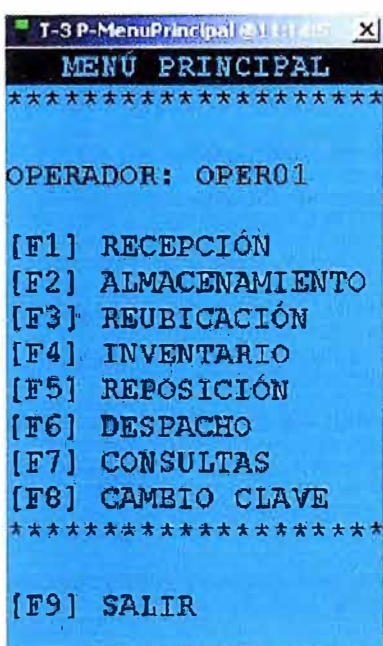


Figura 3.24 Ejemplo de uno de los terminales (obtenido desde pantalla de estado)

b. Definible. Reservado aplicación

Este botón permite hacer una llamada desde la pantalla principal de Sierra Engine a la aplicación. Si por ejemplo, la aplicación requiere del ingreso de datos de configuración para el acceso a los datos, clickeando en este botón, se puede desplegar el diálogo de ingreso de los parámetros, o cualquier otra operación.

Cuando se presiona este botón, Sierra Engine pasa el control a la aplicación indicando si se encuentra en modo normal o en modo configuración. El icono del botón es asignable. También es posible ocultarlo.

c. Parámetros de Sierra Engine

Este botón despliega el diálogo de configuración de Sierra Engine. Permite definir los valores para:

- Número de IP o nombre host de la estación base a utilizar.
- Número de puerto TCP de la estación base a utilizar.

- Cantidad de terminales a utilizar.
- Mayor número físico o número de radio a utilizar
- Timeout en segundos para comunicación con la estación base.
- Cantidad de ítems que se registran en el log de sucesos antes de ser grabados en disco.
- Cantidad de columnas para el display de la terminal virtual.
- Cantidad de filas para el display de la terminal virtual.

Esta opción está sólo disponible en modo configuración.

d. Visor de log

Este botón llama a la aplicación que permite revisar el registro de sucesos del sistema (log). Sierra Engine mantiene un registro de gran cantidad de eventos en un archivo de texto del tipo delimitado por tabulaciones (ASCII 09).

Dicho archivo se encuentra en el directorio de la aplicación y se denomina Sierra_log.txt. Los eventos que se registran son:

- Sierra Engine es iniciado.
- Una terminal se conecta a la aplicación.
- Un usuario es registrado (proceso de login satisfactorio)
- Un usuario abandona la operación de la terminal (proceso de logout)
- Se abre la ventana de la terminal virtual.
- Se cierra la terminal virtual.
- Se produjo un cambio en la configuración.
- Cambia el estado de una terminal.
- Un mensaje es enviado a una terminal desde la pantalla de estado de terminales.
- Un error es detectado.

También es posible registrar desde la aplicación un evento en el log. Las últimas 10 entradas del log son mostradas en la pantalla principal. Cada entrada del log tiene los siguientes campos:

- Tipo de evento.
- Fecha y hora.
- Número físico de la terminal asociada si corresponde.
- Nombre del usuario registrado en esa terminal si corresponde.
- Descripción del evento

e. Terminal Virtual.

Este botón abre la ventana de la terminal virtual. La terminal virtual es una potente característica de Sierra Engine que permite emular una terminal de RF y realizar las mismas operaciones que realiza el usuario de la aplicación desde una terminal.

Esta opción está solo disponible en modo normal. La terminal virtual es soportada automáticamente por Sierra Engine sin necesidad de programación adicional.

3.4 Cálculo teórico de cobertura

Se ha hecho cálculo de la cobertura teórica empleando los datos de los equipos anteriormente descritos, usando la fórmula general:

$$S_r = P_{Tx} - P_{ce} + G_{ae} - P_p + G_r - P_{cr} \quad (3.1)$$

Donde:

S_r = Nivel de señal que le llega al equipo receptor. Siempre sera negativo (dB).

P_{Tx} = Es la potencia en dB con la que sale la señal de equipo transmisor.

P_{ce} = Perdida cables equipo transmisor

G_{ae} = Ganancia de la antena del equipo transmisor

P_p = Perdida de propagación

G_r = Ganancia de la antena del equipo receptor.

P_{cr} = Perdida cables equipo receptor

Para el caso de estudio se tiene los siguientes valores:

$P_{Tx} = 30\text{dBm}$ (1 Watt)

$P_{ce} = 5\text{dB}$ (1dB por metro para Cable coaxial RG58)

$G_{ae} = 10\text{dB}$ (Antena Omnidireccional)

$G_r = 2\text{ dB}$

$S_r = -105\text{ dBm}$

Reemplazando en (3.1) $P_p = 30\text{dBm} - 5\text{dB} + 10\text{dB} + 2\text{dB} - 5\text{dB} - (-105\text{dBm}) = 137\text{dB}$. Esto indica que la perdida de propagación máxima que debe tener el sistema es de 137dB.

Dado que:

$$P_p = 20\log_{10}(d/1000) + 20\log_{10}(f*1000) + 32,4 \quad (3.2)$$

Donde f en GHz

Reemplazando se obtiene $20\log_{10}(d/1000) = 137\text{ dB} - 32,4 - 53,06$. De ahí $\log(d/1000) = 2,577$, para finalmente obtener $d=377\text{ Km}$.

Se puede observar que la distancia sale excesivamente extensa de cobertura, sin embargo en la práctica se observa que la señal también se atenúa en gran medida, debido a los contenedores metálicos descritos en capítulos anteriores.

3.5 Pruebas de comunicaciones

Para la exploración y el método utilizado para el examen se utilizó una computadora portátil (7530) con software de exploración perteneciente a Psion Teklogix. El kit portátil fue colocado en varios sitios y se realizaron mediciones en diferentes lugares del puerto.

El método de Site Survey Psion Teklogix genera una comunicación de una computadora portátil que corre el software de estudio de terreno recibiendo y

reconociendo los paquetes desde otra Terminal.

Un número de paquetes fueron transmitidos desde cada punto de la prueba. La computadora portátil registró el número de paquetes reconocidos (es decir recibido) por el otro Terminal y el número de paquetes perdidos, esto permitió trabajar con un margen de funcionamiento adecuado.

La cantidad de atenuación se basó en las condiciones de la locación con respecto a condiciones de funcionamiento. Por cada 3dB de atenuación, la potencia de transmisión se reduce en un 50%, es decir, si una radio de 100 milivatios tiene 6dB de atenuación, la potencia de transmisión se reduce a 25 milivatios. La Tabla 3.1 muestra el detalle del sitio para las pruebas de campo

Tabla 3.1 Detalles del sitio para pruebas de campo

Nombre del Sitio:	Terminal Portuario del Callao
Área de Cobertura:	Definidas por el cliente
Altura del Edificio:	30-50 Mts. Aprox.
Tipo de Techo:	Inexistente
Muros Exteriores:	Cerco Perimetral
Muros Interiores:	Malla Alambrada
Actividad del Edificio:	Deposito Container
Productos:	Containers
Temperatura Ambiente:	15°C – 30°C
Área de Trabajo:	Exterior
Existencia de Equipamiento de RF:	No
Modelo Existente:	Se desconoce.

Las Figuras 3.25, 3.26 y 3.27 muestran los puntos en donde se realizaron las pruebas para cada zona (Zona oficina administrativa, zona El Pozo y zona Silos, respectivamente). Dado que se usó una designación similar para puntos en distintas áreas, los puntos de prueba se han separado en estos tres esquemas.

Las Tablas 3.2 a 3.4 muestran los resultados de cada área

a. Resultados obtenidos en zona Edificio Administrativo.- Realizados el 20 de Marzo 2007, entre las 14 y las 15 horas, sin uso de atenuación (0 dB), tamaño de Mensaje de 10 Kb. Ver Tabla 3.2, Figura 3.25.

b. Resultados obtenidos en zona El Pozo.- Realizados el 20 de Marzo 2007, entre las 15 y las 15:40 horas, sin uso de atenuación (0 dB), tamaño de Mensaje de 10 Kb. Ver Tabla 3.3, Figura 3.26.

c. Resultados obtenidos en zona Silos.- Realizados el 20 de Marzo 2007, entre las 20 y las 20:30 horas en una unidad móvil, sin uso de atenuación (0 dB), tamaño de Mensaje



Figura 3.25 Puntos de prueba en área Edificio Administrativo

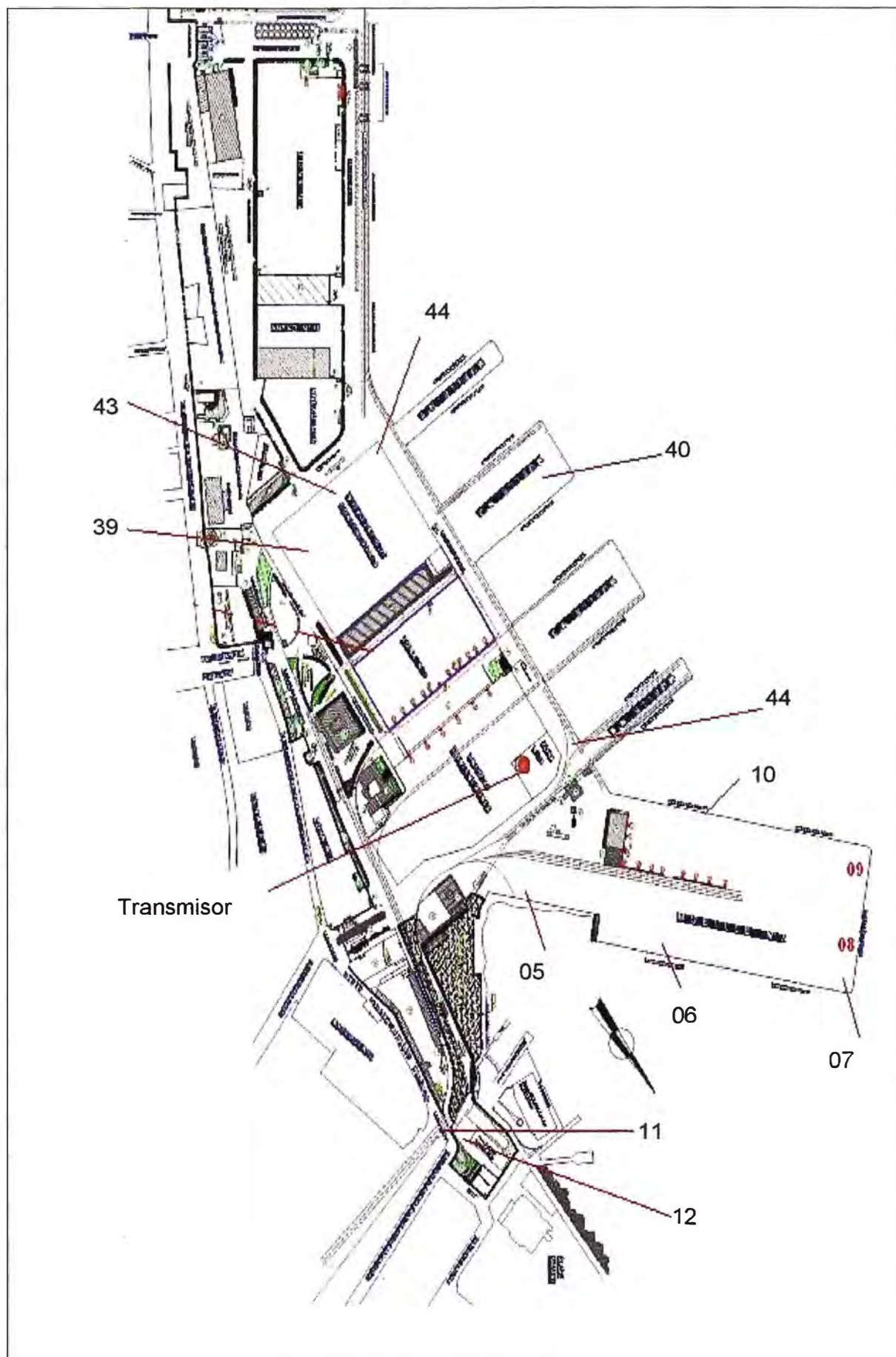


Figura 3.26 Puntos de prueba en zona denominada "El Pozo"

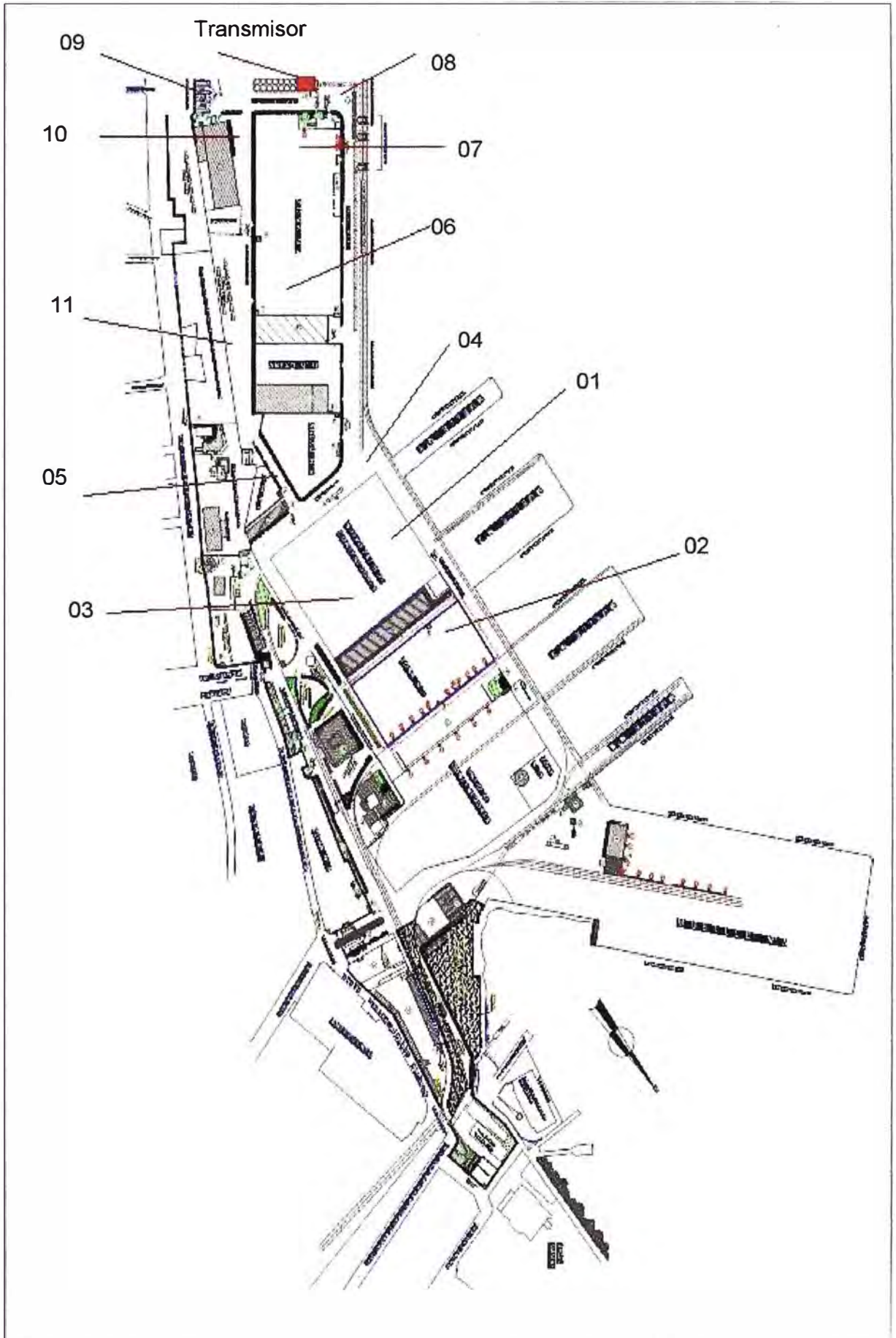


Figura 3.27 Puntos de prueba en zona denominada "Silos"

CAPÍTULO IV COSTOS Y CRONOGRAMA

En el presente capítulo se tocan los temas involucrados al presupuesto y al cronograma del proyecto de ingeniería.

4.1 Relación de equipamiento

En las Tablas 4.1 se muestra el listado de equipos, así como el de los terminales y aplicativos utilizados.

Tabla 4.1 Listado de equipos

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Terminal Portátil Hand Held 7530 / Con Scanner.	unidad	4
2	Terminal Portátil Hand Held 7530.	unidad	30
3	Cargador de batería para Hand Held	unidad	6
4	Cargadores / Sincronizadores de una unidad	unidad	4
5	Pistol Grips 7530	unidad	34
6	Baterías de Respaldo 7530	unidad	34
7	Estuches Terminal P/Pistol Grip	unidad	34
8	Terminal vehicular 8525 con nw	unidad	26
9	SERVER 9500 (Servidor de Control de red Inalámbricas)	unidad	1
10	Radio Base 9150 Wireless Gateway	unidad	3
11	Antena 406-512 MHZ, 10 dbi omnidireccional	unidad	3
12	Impresora de etiquetas	unidad	1

4.2 Estimación de costos

La Tabla 4.2 muestra la estimación de costos a nivel de equipamiento. La cantidad

de equipos fue dimensionada de acuerdo a la cantidad de transacciones que existía en ese momento y con un plan de crecimiento aproximado de dos años, determinándose que luego de ese lapso de tiempo se hará un nuevo estudio para complementar con más equipos.

Tabla 4.2 Costos de equipamiento del proyecto

N°	Descripción	Cant.	Modelo	Precio Unit. Soles	Precio Total Soles
1	Terminal Portátil Hand Held / Con Scanner.	4	7530 G2 c/S	20,762	83,048.00
2	Terminal Portátil Hand Held	30	7530 G2	18,356	550,680.00
3	Cargador de batería para Hand Held	6	HU3006	4,455	26,730.00
4	Cargadores / Sincronizadores de una unidad	4	7530	1,279	5,115.00
5	Pistol Grips 7530	34	7530	226	7,667.00
6	Baterías de Respaldo (1900 mAh Li-ION)	34	7530	605	20,570.00
7	Estuches Terminal P/Pistol Grip	34		446	15,147.00
8	Terminal vehicular 8525 con nw	26	8585 G2	27,225	707,850.00
9	SERVER 9500 (Servidor de Control de red Inalámbricas)	1	9500	12,397	12,397.00
10	Radio Base 9150 Wireless Gateway	3	9150	12,677	38,031.00
11	Antena 406-512 MHZ, 10 dbi omnidireccional	3		445	1,335.00
12	Impresora de etiquetas	1	9855	7,616	7,616.00
					1,476,186.00

Dando un total de S/. 1,476,186.00 Nuevos Soles.

4.3 Cronograma

Para la ejecución del proyecto, se planificó las actividades en 6 meses. Las tablas 4.3, 4.4 y 4.5 muestran la relación de actividades realizadas para la implementación del proyecto

- **Tabla 4.3** Detalle de actividades para Diseño de solución. En esta etapa se define el diseño final de la solución, y con la aprobación del cliente (en este caso ENAPU).

Tabla 4.4 Detalle de Actividades para implementación de equipos externos (Radio bases y Antenas). Actividades requeridas en campo, donde se implementa la infraestructura inalámbrica de la solución.

Tabla 4.5 Detalle de Actividades de Instalación y configuración de Servidor y equipos handHeld. Comprende la etapa final, donde se configura el servidor y las terminales, incluyendo las pruebas y certificaciones.

Tabla 4.3 Detalle de actividades para Diseño de solución

Item	Detalle de Actividades	Semana 1					Semana 2					Semana 3				
		Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie
1	Estudio de campo para cobertura de RF	X	X	X												
2	Documentación y diseño según resultados obtenidos		X	X	X	X	X	X								
3	Entrega de documento								X							
4	Consultas y observaciones del cliente									X	X	X				
5	Respuesta a consultas												X	X		
6	Aceptación de Diseño														X	
7	Orden de compra de equipos (duración 8 semanas)															X

Tabla 4.4 Detalle de Actividades para implementación de equipos externos (Radio bases y Antenas)

Item	Detalle de Actividades	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18
1	Entrega de equipamiento (Proceso Logístico)	X	X					
2	encendido y pruebas de funcionamiento de equipos			X				
3	Instalación de parámetros principales en Radiobases (IP, Nombre de Host, etc)			X				
4	Instalación de energía eléctrica y consideraciones de protección				X	X		
5	Instalación física de estaciones base y antenas.					X	X	
6	Pruebas de funcionamiento y cobertura							X

4.4 Requerimientos de RRHH para ejecución del proyecto

Para ejecución de las actividades del proyecto se necesitó del siguiente personal técnico y administrativo:

Tabla 4.6 Detalle de personal técnico calificado para el proyecto

Nº	Descripción	Cant.
1	Gerente de Proyecto: Profesional Gerente de Proyecto en implementaciones de Sistemas de Administración de Terminales Portuarios o similares	1
2	Jefe Proyecto: Profesional en implementaciones de Sistemas de Administración de Terminales Portuarios o proyectos similares	1
3	Analista de Negocio: Profesional o Técnico con experiencia como analista en implementaciones de Sistemas de Administración de Terminales Portuarios o proyectos similares	1
4	Técnico de campo: con experiencia en instalación, configuración e implementación del hardware y software relacionado a Sistemas de Administración de Terminales Portuarios o proyectos similares.	2

4.5 Mantenimiento del Sistema - Costos

Para poder mantener la solución operando sin problemas, se debe realizar un mantenimiento preventivo. Este mantenimiento está basado en diversas actividades: ENAPU ver por conveniente tercerizar el mantenimiento preventivo y correctivo por 12 meses, con un costo aproximado de S/. 550 000 Nuevos Soles, En las que se incluyen mantenimiento Preventivo y Correctivo:

a. Mantenimiento Preventivo

Consiste en la revisión periódica de ciertos aspectos, tanto de hardware como de software en un equipo informático. Estos influyen en el desempeño fiable del sistema, en la integridad de los datos almacenados y en un intercambio de información, a la máxima velocidad posible dentro de la configuración óptima del sistema. Además debemos agregar que el mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo.

b. Mantenimiento Correctivo

Es el proceso responsable de la reparación de equipos por fallas o averías estas se pueden presentar de dos formas:

No Planificado: Corrección de las averías o fallas cuando éstas se presentan sin ninguna planificación, al contrario del caso del Mantenimiento Preventivo.

Planificado: El Mantenimiento Correctivo Planificado consiste en la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para efectuarlo.

Este servicio deberá estar basado en las necesidades específicas de cada equipo y

accesorios en particular de acuerdo a la Tabla 4.1, el mantenimiento deberá incluir como mínimo lo siguiente:

- Revisión del normal funcionamiento de los Terminales Hand Held PDT portátiles, Tabletas Vehiculares y Radios Base.
- Lubricación (de piezas, engranajes, etc.) en Impresora de Etiquetas de Código de barras.
- Ajustes.
- Calibración.
- Detención de desgastes de los componentes
- Limpieza interna del equipo.
- Limpieza externa del equipo
- Pruebas de funcionamiento antes de su puesta en producción
- Torres Ventadas: Limpieza, lijado, y pintado de la torre contemplando una base anticorrosiva y epóxica, que soporte los ambientes industriales y portuarios de humedad. Que garantice su durabilidad pues esta torre sólo tiene una capa de pintura encima del galvanizado
- Pozo a Tierra. Se requiere mantenimiento de forma interna y externa en caso de deterioro serán reemplazadas las piezas que integran los respectivos pozos a tierra, se validara que dichos pozos cuenten con menos de 5 ohmios el mismo que deberá ser efectuado por ambas partes con los respectivos equipos Telurómetro.
- Capacitación presencial (con instructor) para administradores del sistema, las que deberán incluir capacitación en la instalación y configuración del Sistema de Administración de Contenedores, instalación y configuración de la Base de Datos que utiliza, instalación, configuración y administración del Sistema Operativo de la Plataforma ofertada, e instalación y configuración del Hardware necesario para su funcionamiento).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El presente informe abarca el diseño de una red de comunicaciones inalámbricas, orientado a resolver problemas de extrema atenuación de la señal, como es el caso de los puertos del Perú y empresas privadas dedicadas al rubro de almacenera o naviera.
2. La implementación de la solución ha permitido que el Puerto del Callao agilice sus transacciones operativas y logísticas, haciendo un puerto tecnológicamente preparado para el crecimiento del país referente a las exportaciones e importaciones.

Recomendaciones

1. Las operaciones portuarias, es una actividad 24 X 7, por ello el trabajador portuario tiene 3 turnos al día, esto hace que la necesidad del sistema de comunicaciones sea de alta disponibilidad. Por ello se recomienda contar con una solución de alta disponibilidad. Por el lado de comunicaciones de banda angosta se ha sugerido implementar redundancia en los equipos, tal es así:

3 Radio bases 9150

3 antenas de 10dBi

1 servidor adicional de control de comunicaciones 9500

2. Actualmente las Radio Bases, están conectadas a equipos de networking (Switches) no administrables. Se recomienda mejorar la infraestructura de Red, y que sea redundante. Es decir de preferencia las Radio bases en un mismo punto deberían conectarse a Switches diferentes, y estos a su vez, deberían tener cada uno un enlace diferente hacia el switch de distribución.

3. El direccionamiento IP actual de los equipos de banda angosta forma parte de la misma VLAN de los usuarios. Es recomendable migrar todos los equipos hacia una nueva VLAN, ya que los usuarios no requieren acceso directo a ninguno de ellos. Así mejoramos la seguridad, evitamos cualquier conflicto de dirección IP y evitamos problemas de broadcast que pueda producirse en la VLAN de los usuarios.

4. El monitoreo de los equipos es algo muy importante y aun no implementado. De

producirse alguna incidencia con los equipos, no se tiene implementado un software de gestión y alerta temprana. Es recomendable explotar el uso del protocolo SNMP. Que permita comunicar al administrador del sistema via mensaje de texto o correo electrónico los eventos más importantes o críticos que pueda producirse en los equipos.

ANEXO A
FCC §2.201 CARACTERÍSTICAS DE EMISIÓN, MODULACIÓN Y TRANSMISIÓN

El siguiente sistema de designación de emisor, modulación y características de transmisión será empleado.

- (a) Emisores son designados de acuerdo a su clasificación y ancho de banda necesario.
- (b) Un mínimo de tres símbolos son usados para describir las características básicas de ondas de radio. Los emisores son clasificados y simbolizados de acuerdo a las siguientes características:

- (1) Primer Símbolo – Tipo de modulación de la característica principal;
- (2) Segundo Símbolo - Naturaleza de la señal(es) modulación de la portadora principal.
- (3) Tercer símbolo – Tipo de información a ser transmitido.

NOTA: Un cuarto y quinto símbolo son proporcionadas para información adicional y se muestran en el Apéndice 6, Parte A de la regulación de radio ITU. El uso de cuarto y quinto símbolo es opcional. Por lo tanto, los símbolos pueden ser usados como descritos en el apéndice 6, pero no son requeridos por la Comisión.

- (c) Primer Símbolo – Tipo de modulación de la portadora principal

- | | |
|---|---|
| (1) Emisión de portadora no modulada | N |
| (2) Emisiones en donde la portadora principal es Amplitud Modulada (incluyendo casos donde la sub-portadora son de Modulación angular): | |
| - Doble banda lateral..... | A |
| - Simple banda lateral,portadora completa..... | H |
| - Simple banda lateral, portadora reducida o variable..... | R |
| - Simple banda lateral, portadora suprimida..... | J |
| - Banda lateral simple..... | B |
| - Banda lateral residual..... | C |
| (3) Emisiones en donde la portadora principal tiene modulación angular: | |
| - Modulación de Frecuencia..... | F |
| - Modulación de Fase..... | G |

Nota: Siempre que la modulación de frecuencia "F" es indicada, la Modulación de fase "G" también es aceptada.

- | | |
|--|---|
| (4) Emisiones en donde la portadora principal tiene modulación de Amplitud y modulación angular, ambas simultáneamente o en una secuencia pre establecida..... | D |
| (5) Emisión de pulsos ¹ | |
| - Secuencias de pulsos sin modulación..... | P |
| - Una secuencia de pulsos: | |
| - Modulado en amplitud..... | K |
| - Modulado en duración de ancho..... | L |
| - Modulado en posición de fase..... | M |

- En donde la portadora tiene modulación angular, durante el periodo del pulso..... Q
- En donde es la combinación de los anteriores o es producido por otros medios..... V
- (6) Los casos no previstos anteriormente, donde una emisión consiste en la modulación de la portadora principal, ya sea simultáneamente o en una secuencia preestablecida, en una combinación de dos o más de los siguientes modos: Amplitud, Angulo, Pulso..... W
- (7) Los casos no cubiertos..... X

¹ Emisiones donde la portadora principal ha sido modulada directamente por una señal codificada en forma cuantificada (ejemplo modulación por código de pulsos) debe ser designada por (2) o (3)

- (d) Segundo Símbolo – Naturaleza de la señal(es) modulando la portadora principal
 - (1) Señal no modulada..... 0
 - (2) Un canal simple conteniendo información cuantificada o digital sin el uso de una modulación de sub-portadora, excepto Multiplexado por división de tiempo..... 1
 - (3) Un canal simple conteniendo información cuantificada o digital con el uso de una modulación de sub-portadora, excepto Multiplexado por división de tiempo..... 2
 - (4) Un canal simple conteniendo información análoga..... 3
 - (5) Dos o más canales que contenga información cuantificada o digital..... 7
 - (6) Dos o más canales conteniendo información análoga..... 8
 - (7) Sistema compuesto por uno o más canales conteniendo información cuantificada o digital, junto con uno o más canales conteniendo información análoga..... 9
 - (8) Los casos no cubiertos..... X
- (e) Tercer Símbolo – Tipo de información a ser transmitida:²
 - (1) Sin información transmitida..... N
 - (2) Radio telegrafía - de recepción auditiva..... A
 - (3) Radio telegrafía – Para recepción automática..... B
 - (4) Fax..... C
 - (5) Transmisión de datos, comandos de telemetría..... D
 - (6) Telefonía (Incluido difusión de sonido)..... E
 - (7) Televisión (Video)..... F
 - (8) Combinación de los anteriores..... W
 - (9) Los casos no cubiertos..... X

- (f) Tipo de emisión B – Como una excepción a los principios anteriores, las ondas atenuadas son simbolizadas en la comisión y regulaciones como emisión del tipo B. El uso de emisiones del tipo B está prohibido.
- (g) Cada vez la designación completa de un emisor es necesario, el símbolo para esas emisiones, como se indica anteriormente está precedida por el ancho de banda necesario de la emisión como se indica en § 2.202(b)(1)

³ En este contexto la palabra “información” no incluye información como una constante, la naturaleza invariable como tal es proveída por emisiones de frecuencia estándar, onda continua y pulsos, radar, etc.

ANEXO B
GLOSARIO DE TÉRMINOS

AP	Punto de acceso.
BSS	Basic Service Set conjunto de servicio básico: Nombre que recibe la red inalámbrica propiamente dicha
DS	Distribution System o sistema de distribución
ESS	Extended Service Set o conjunto de servicio extendido: Es el conjunto de varios BSS por medio de al menos un DS.
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones.
FCC	Federal Communications Commissions.
FDMA	Frecuency Division Multiplex Access
GPRS	General Packet Radio Service (Servicio general de paquetes vía radio)
HANDHELD	Computadoras portátiles que se puede trasladar a cualquier parte mientras se utiliza
IP	Protocolo de Internet
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MIMO	Multiple Input – Multiple Output, permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos
SIOP	Sistema Integrado de Operaciones Portuarias
TDMA	Time Division Multiplex Access
TESS	Teklogix Screen Subsystem (Protocolo desarrollado por Psion Teklogix para permitir que el servidor de comunicaciones se comuniquen con sus terminales emulando otros estándares)
TEKBSS	Teklogix Base Station Server
TSDK	Teklogix Software Development System
UHF	Ultra High Frecuency, es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3000 MHz
VHF	Very High Frecuency, es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.
FHSS	Frecuency Hoping Spread Spectrum.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO 6346, "Freight containers -- Coding, identification and marking", Estándar ISO para identificación, codificación de contenedores.
- [2] Mobile Systems, "Banda angosta y Banda Ancha - comparativa entre tecnologías", White Paper junio 2005, www.mobile.com.ar
- [3] William F. Ruck, "Narrowband Conversion and Digital Modulation" White Paper de la CSI Telecommunications, Inc, 2010
- [4] FCC Rules, "2.201 Emission, modulation, and transmission characteristics", http://edocket.access.gpo.gov/cfr_2010/octqtr/pdf/47cfr2.201.pdf.
- [5] FCC Rules, "2.202 Bandwidths", http://edocket.access.gpo.gov/cfr_2010/octqtr/pdf/47cfr2.202.pdf
- [6] Bernhard H. Walke, et. Al. , " IEEE 802 Wireless Systems", John Wiley & Sons Ltd, 2006.
- [7] Jorge Alonso López Mori, "Diseño e Implementación de un Sistema de Gestión De Accesos a una Red Wi-Fi utilizando Software Libre", PUCP, 2008.
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/201/LOPEZ_JORGE_DISENO_SISTEMA_GESTION_RED_WIFI.pdf?sequence=2
- [8] HP ProLiant ML110 G3 Server - Product Specifications,
<http://h20000.www2.hp.com/bizsupport/TechSupport/Document.jsp?lang=es&cc=es&taskId=120&prodSeriesId=501887&prodTypeId=15351&prodSeriesId=501887&objectID=c00467570>
- [9] Datasheet Antena OGB8-460D
http://www.kathrein-scala.com/uhf_mobile_omni.php?BRSR=10
- [10] PSION Teklogix 8525 Data Sheet
http://www.pSION.com/documents/la/specSheets/8525-8530_Spec_Sheet_A4_EN.pdf
- [11] PSION Teklogix 7530 Data Sheet
http://www.pSION.com/documents/la/specSheets/7530_Spec_Sheet_A4_EN.pdf
- [12] Desarrollo de aplicaciones para terminales de radio frecuencia de PSION-TEKLOGIX con Sierra Engine
<http://santafetech.com/Sierra%20Engine%20Introduccion.pdf>