

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

**GUÍA PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE REDES
INALÁMBRICAS EN ENTORNOS RURALES DE PERÚ :**
sistematización de la experiencia del Grupo de Telecomunicaciones Rurales
de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Ingeniería de Telecomunicación

María Martín Espín
Diciembre 2010

**GUÍA PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE REDES
INALÁMBRICAS EN ENTORNOS RURALES DE PERÚ :**
sistematización de la experiencia del Grupo de Telecomunicaciones Rurales
de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

AUTOR: María Martín Espín
TUTOR: Valentín Villarroel Ortega
PONENTE: Jorge Ruiz Cruz

Dpto. de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Diciembre 2010

Resumen

El objetivo del Proyecto de Final de Carrera (PFC) es el de sistematizar la experiencia del Grupo de Telecomunicaciones Rurales de la Pontificia Universidad Católica del Perú (GTR-PUCP) en el diseño y despliegue de redes inalámbricas en zonas rurales dentro de proyectos de países en vías de desarrollo.

Para ello fue necesario trabajar durante seis meses dentro del GTR y de esa forma se registró y se sintetizó su forma de operar, así como se participó en el diseño y despliegue de nuevas redes de telecomunicaciones. Se trabajó en Cusco (Perú) en los proyectos “Acomayo I” y “Acomayo II”. Estos proyectos se incluyen dentro del Programa Willay del que son socios: GTR-PUCP, Ingeniería Sin Fronteras (ISF-Apd) y Soluciones Prácticas ITDG.

El resultado ha sido una guía para el diseño y despliegue de redes inalámbricas basadas en tecnología WiFi en entornos rurales. El objeto de este documento es que una persona con conocimientos previos en redes de telecomunicaciones y con la guía, pueda diseñar y desplegar una red.

Los diferentes capítulos de la guía, se referirán a las distintas etapas que constituyen los proyectos de diseño y despliegue de redes inalámbricas. Comenzará con las etapas de formulación del proyecto y planificación. Se definirá el diseño de las redes, las compras del equipamiento y la simulación en el laboratorio. Posteriormente, aparecerán las fases de instalación de la red y pruebas de campo. Las fases finales serán las de capacitación, acompañamiento, mantenimiento y entrega de la red ya desplegada.

Palabras Clave

Redes inalámbricas, Formulación, Planificación, Diseño, Compras, Simulación, Instalación, Pruebas, Capacitación, Acompañamiento, Mantenimiento, Entrega.

Abstract

The purpose of the Final Year Project is to systematize the experience of the Grupo de Telecomunicaciones Rurales of Pontificia Universidad Católica del Perú (GTR-PUCP) in the design and deployment of wireless networks in rural areas inside projects of developing countries.

This involved working for six months in GTR to record and synthesize the way they operate, as well as participating in the design and deployment of new telecommunications networks. We worked in Cusco (Peru) in the projects “Acomayo I” and “Acomayo II.”. These projects are included in the Willay Program. GTR-PUCP, Ingeniería Sin Fronteras (ISF-Asp) and Soluciones Prácticas ITDG are Willay members.

The result has been a guide for the design and deployment of wireless networks based on WiFi technology in rural environments. The object of this document is that a person with previous knowledge in telecommunication networks and with the guide, could design and deploy a network.

The different chapters of the guide will cover the various stages of the design and deployment of wireless network projects. It will begin with the stages of project formulation and planning. The design of the network will be defined, as well as procurement of equipment and laboratory simulation. Subsequently, there will appear phases of network installation and field testing. The final stages will be training, support, maintenance and delivery of the already deployed network.

Key words

Wireless networks, Formulation, Planning, Design, Procurement of equipment, Simulation, Installation, Testing, Training, Support, Maintenance, Delivery.

Agradecimientos

Gracias a mi tutor D. Valentín Villaroel y a *D^a*. Cecilia Fernández, gracias en general a la ONG Ingeniería Sin Fronteras - ApD, por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto.

Gracias a D. Juan Paco Fernández, a D. César Córdoba y a todos los chicos del Grupo de Telecomunicaciones Rurales de la PUCP, incluida “Sandrita”, por los meses de trabajo junto a ellos.

Gracias a D. José María Martínez y a mi ponente D. Jorge Ruiz por facilitarme las cosas.

Gracias a Lurdes por ser mi compañera y amiga durante estos años.

Gracias a mi madre por tener tanta paciencia y, en general, gracias a toda mi familia y amigos por apoyarme.

María Martín Espín
Diciembre 2010

Índice general

Índice de figuras	XII
Índice de cuadros	XIV
Introducción	1
Motivación y objetivos	1
Metodología y plan de trabajo	1
Organización de la memoria	2
1. FORMULACIÓN	5
1.1. Introducción de la fase de formulación	6
1.2. Tipo de Proyecto	7
1.2.1. Proyecto determinado por la subvención de una entidad	7
1.2.2. Proyecto independiente. Fines comerciales	8
2. PLANIFICACIÓN	9
2.1. Introducción de la fase de planificación	10
2.2. Metodología de intervención	10
2.3. Planificación temporal	10
2.4. Recursos humanos	11
3. DISEÑO DE LA RED	13
3.1. Estudio de necesidades	14
3.1.1. Variables de estudio	14
3.1.2. Herramientas para el estudio de necesidades	15
3.2. Prediseño	15
3.2.1. Puntos cliente	16
3.2.2. Selección de posibles puntos repetidores de la red troncal	16
3.2.3. Selección de posibles puntos repetidores de la red local	16
3.3. Estudio de campo	17
3.3.1. Elementos indispensables	17
3.3.2. Información a recoger	17
3.3.3. Visita de campo	18

3.4. Diseño de gabinete	18
3.4.1. Servicios sobre la infraestructura	19
3.4.2. Descripción general de la red de telecomunicaciones	20
3.4.3. Diseño del subsistema de telecomunicación	21
3.4.4. Diseño del subsistema de infraestructura	22
3.4.5. Diseño del subsistema de alimentación eléctrica	22
3.4.6. Diseño del subsistema de protección eléctrica	23
3.4.7. Diseño del subsistema de seguridad y vigilancia	23
3.4.8. Diseño del subsistema informático	24
3.5. Validación del diseño de red	24
3.5.1. Metodología del diseño participativo	24
3.5.2. Actividades de los talleres	24
3.6. Listado de equipamiento aproximado	26
4. COMPRAS	27
4.1. Listado final del equipamiento	27
4.1.1. Listado aproximado de elementos del subsistema de telecomunicación	29
4.2. Clasificación y procedimiento de las compras	29
4.2.1. Productos locales	30
4.2.2. Importaciones	30
4.2.3. Razones de la elección	30
4.3. Ejecución de las compras	30
4.3.1. Cotización y evaluación de propuestas	30
4.3.2. Elaboración de órdenes de compra	31
4.3.3. Permisos y homologaciones	31
4.3.4. Ejecución de las compras	31
4.3.5. Recepción de las compras	31
4.3.6. Inventario	32
5. SIMULACIÓN DE LA RED	33
5.1. Validación del funcionamiento de equipo	34
5.2. Entrega de la configuración	34
5.3. Simulación	35
5.4. Ajustes del diseño	35
5.5. Adaptación a la ingeniería de detalle	35
6. INSTALACIÓN DE LA RED	37
6.1. Envío del equipamiento	38
6.1.1. Selección del medio de transporte	38

6.1.2. Selección del operador de transporte	38
6.2. Instalación	38
6.2.1. Obra civil	39
6.2.2. Instalación de la infraestructura	39
6.2.3. Instalación de equipamiento	40
7. PRUEBAS DE CAMPO	41
7.1. Ejecución del protocolo de pruebas	42
7.1.1. Pruebas de nivel de señal de los radioenlaces	43
7.1.2. Pruebas de ancho de banda	43
7.2. Ajustes en instalaciones o configuraciones	43
8. CAPACITACIÓN	45
8.1. Introducción de la fase de capacitación	46
8.2. Capacitación de los instaladores	47
8.3. Capacitación de los usuarios	47
8.4. Capacitación de los encargados del mantenimiento	48
9. ACOMPAÑAMIENTO	49
9.1. Monitoreo de red y mantenimiento temporal	50
9.2. Aseguramiento de la sostenibilidad de la red	50
9.3. Búsqueda de nuevos proyectos	50
10.MANTENIMIENTO	51
10.1. Definición de políticas y procedimientos de mantenimiento	52
10.2. Mantenimiento necesario mediante coordinación con los beneficiarios	52
11.ENTREGA	53
11.1. Recopilación de información	54
11.2. Transferencia de bienes y responsabilidades	54
11.3. Gestión del cambio en la institución beneficiaria	54
Conclusiones	55
Glosario de acrónimos	57
Bibliografía	61
A. Manual de Radio Mobile	63
A.1. Instalación	63
A.2. Inicio	64
A.3. Mapas	65

A.4. Imágenes	68
A.5. Unidades	70
A.6. Redes	72
A.6.1. Sistemas	73
A.6.2. Parámetros de enlaces	73
A.6.3. Topología de red	74
A.6.4. Unidades miembro del enlace	75
A.6.5. Estilo del enlace	75
A.7. Reportes de enlaces	79
A.8. Radio Link	80
A.9. Representación de la cobertura	81
A.10. Guardar el proyecto	85
A.11. Google Earth	86
B. Selección de equipamiento	89
B.1. Placas SCB	89
B.2. Tarjetas de red inalámbrica	90
B.3. Pigtailes	90
B.4. Antenas	91
C. Pruebas de Campo para placas MIKROTIK	95
C.1. Ejecución del protocolo de pruebas. Placas MIKROTIK	95
C.1.1. Pruebas de nivel de señal de los radioenlaces. Placas MIKROTIK	96
C.1.2. Pruebas de ancho de banda. Placas MIKROTIK	97
D. Pruebas de Campo para placas ALIX	99
D.1. Ejecución del protocolo de pruebas. Placas ALIX	99
D.1.1. Pruebas de nivel de señal de los radioenlaces. Placas ALIX	102
D.1.2. Pruebas de ancho de banda. Placas ALIX	102
E. Software	105
E.1. Sistema Operativo Linux Voyage	105
E.1.1. Voyage GTR	105
E.1.2. Instalación y configuración de Voyage GTR	106
E.1.3. Configuración de Redes con Voyage GTR	110
E.2. Software PBX Asterisk	116
E.2.1. Configuración de una red de Telefonía IP con Asterisk	117
E.2.2. Registro de los clientes SIP	121
E.2.3. Verificación del estado de telefonía IP con Asterisk	123

F. Presupuesto	125
G. Pliego de condiciones	127

Índice de figuras

1.1. Gráfico Fase Formulación	5
2.1. Gráfico Fase Planificación	9
3.1. Gráfico Fase Diseño	13
4.1. Gráfico Fase Compras	27
5.1. Gráfico Fase Simulación	33
6.1. Gráfico Fase Instalación	37
7.1. Gráfico Fase Pruebas de campo	41
8.1. Gráfico Fase Capacitación	45
9.1. Gráfico Fase Acompañamiento	49
10.1. Gráfico Fase Mantenimiento	51
11.1. Gráfico Fase Entrega	53
A.1. File > New networks.	64
A.2. Options > Intenet.	67
A.3. Options > Elevation data.	68
A.4. Options > Map properties.	68
A.5. File > Unit properties.	72
A.6. Systems.	76
A.7. Parameters.	77
A.8. Topology.	77
A.9. Membership.	78
A.10.Style.	78
A.11.Tools > Radio link.	82

Índice de cuadros

A.1. Conductividad y permeabilidad según el tipo de terreno.	74
A.2. Código S en función del margen de fading (M)	81
B.1. Comparación de SBCs para aplicación de redes inalámbricas.	92
B.2. Comparación de tarjetas inalámbricas para Wi-Fi de larga distancia.	93

Introducción

Motivación y objetivos

La guía es el fruto de un proyecto ofertado por la ONGD Ingeniería Sin Fronteras - ApD. Esta oferta se destinó a sistematizar, de forma documentada, la experiencia del Grupo de Telecomunicaciones Rurales de la Pontificia Universidad Católica del Perú (GTR-PUCP) en el diseño y despliegue de redes inalámbricas en zonas rurales. Los proyectos a sistematizar se desarrollan en el entorno de países en vías de desarrollo, en concreto en Perú.

Ingeniería Sin Fronteras (ISF) es una organización no gubernamental (ONG) dedicada a la cooperación al desarrollo y que busca poner la tecnología al servicio del desarrollo, para construir una sociedad mundial justa y solidaria. ISF es pluridisciplinar, aconfesional y apartidista. La forman personas que participan como socias y como voluntarias. ISF es una organización consolidada, con un proyecto original y necesario en varios campos de actuación: proyectos de cooperación, educación para el desarrollo, investigación e incidencia.

El Grupo de Telecomunicaciones Rurales (GTR-PUCP) es una entidad dedicada al desarrollo y promoción de las telecomunicaciones rurales en Latinoamérica, como medio facilitador del desarrollo humano sostenible en el sector rural. Son un equipo multidisciplinario dedicado a la investigación, desarrollo, aplicación, análisis, evaluación de impacto y difusión de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) apropiadas para contribuir a la mejora de la calidad de vida de las comunidades marginales que carecen o tienen acceso limitado a medios de comunicación, con énfasis en aquellas ubicadas en entornos rurales. Buscan ser líderes en el desarrollo de soluciones tecnológicas apropiadas e innovadoras en el área de las telecomunicaciones rurales y ser reconocidos nacional e internacionalmente como un referente en el ámbito de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) para el desarrollo humano. Como objetivos principales tienen: Contribuir a la reducción de la brecha digital en las zonas de intervención; Actuar como facilitadores de diversos actores sociales que contribuyan a la mejora de la calidad de vida de nuestro grupo objetivo; Contribuir al desarrollo humano a través de la implementación de TIC apropiadas; Identificar, formular, planear, ejecutar, difundir y promover oportunidades y proyectos de TIC para el desarrollo.

Metodología y plan de trabajo

Para conseguir estos objetivos se realizaron las siguientes actividades:

- Estancia en la Pontificia Universidad Católica del Perú: en el plazo de siete meses se trabajó junto con el GTR-PUCP en Lima, Perú.
- Recopilación y lectura de información: la bibliografía a estudiada fue la relacionada con redes inalámbricas en entornos rurales y documentos de proyectos ya implementados del programa Willay.

- Entrevistas y asistencia reuniones: se entrevistó a los miembros activos del Programa Willay y se acudió a reuniones de forma pasiva, para recopilar información práctica del diseño redes inalámbricas ya implantadas o en proceso.
- Participación: fue necesario participar en algunas fases de los proyectos activos del Programa.
- Visita a zona: se conocieron las zonas en las que se está implementando el Programa Willay. Se visitó distintos emplazamientos de Cusco (Perú).
- Elaboración de la guía: se redactó la guía para la sistematización del diseño y despliegue de redes inalámbricas en zonas rurales.
- Elaboración de manual de Radio Mobile: se redactó un manual del software Radio Mobile para el diseño de radio enlaces en base a los criterios que sigue el GTR-PUCP.

Organización de la memoria

Los diferentes capítulos de la guía definirán las fases de los proyectos a sistematizar:

CAPÍTULO 1. FORMULACIÓN: La primera fase consistirá en la formulación del proyecto en la que deberán quedar definidos los requisitos técnicos, económicos y de alcance. Se diferenciará entre dos tipos de proyectos, los proyectos determinados por la subvención de una entidad y los proyectos con fines comerciales.

CAPÍTULO 2. PLANIFICACIÓN: En la etapa de planificación se desarrollará la metodología de intervención y se definirán los plazos y los hitos, además de los recursos humanos.

CAPÍTULO 3. DISEÑO: La fase de diseño comenzará con un estudio de necesidades en función de la zona. Se desarrollará un prediseño en el que se definirán los puntos cliente y los posibles puntos repetidores, tanto de la red troncal como de la red local. Gracias a este prediseño se visitará la zona, en lo que se llama estudio de campo, para confirmar las características y requerimientos especiales de la zona de trabajo. Empleando esta información se realizará el diseño de gabinete, definiendo los servicios a proporcionar, la red de telecomunicación, la infraestructura y el listado aproximado de los equipos a emplear.

CAPÍTULO 4. COMPRAS: La etapa de compras comenzará con la definición del listado del equipamiento final. Se continuará con la propia ejecución de las compras. Esta fase finalizará con la recepción de las compras, lo que se documentará mediante inventarios.

CAPÍTULO 5. SIMULACIÓN: La etapa de simulación se dirigirá a validar los productos recibidos y a configurarlos.

CAPÍTULO 6. INSTALACIÓN: Esta fase se iniciará con el envío de los equipos a la zona final. La instalación se referirá a la obra civil, a la instalación de la infraestructura y a la instalación del equipamiento.

CAPÍTULO 7. PRUEBAS: Se deberá ejecutar un protocolo de pruebas de campo entre las que se incluirán pruebas de nivel de señal y ancho de banda de los radioenlaces.

CAPÍTULO 8. CAPACITACIÓN: La etapa de capacitación incluye la formación de instaladores, usuarios y encargados de mantenimiento.

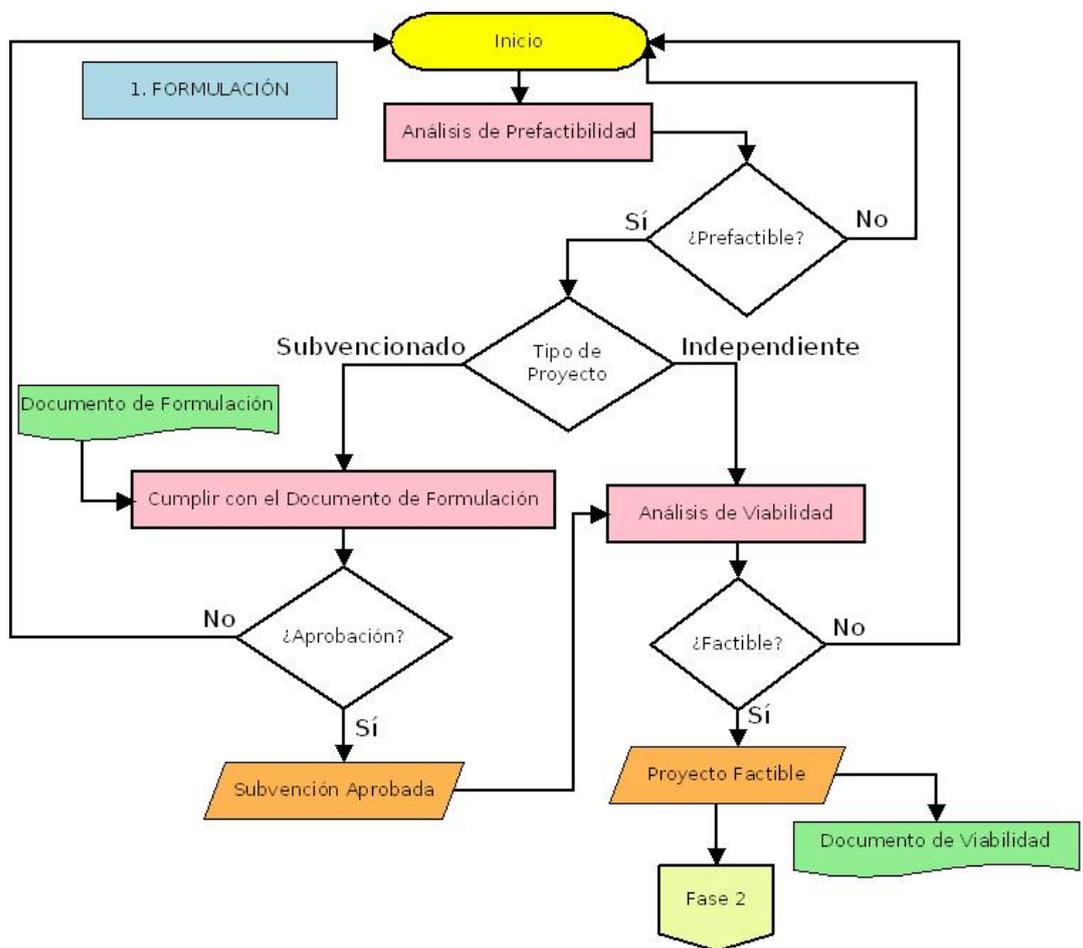
CAPÍTULO 9. ACOMPAÑAMIENTO: Se deberá hacer un monitoreo de la red y se solucionarán las posibles fallas. Se deberá definir un plan de actuación para asegurar la sostenibilidad de la red.

CAPÍTULO 10. MANTENIMIENTO: Deberán quedar definidas las políticas y los procedimientos de mantenimiento a realizar por los beneficiarios.

CAPÍTULO 11. ENTREGA: En esta fase se gestionará el cambio en la entidad beneficiaria y se realizará la transferencia de bienes y responsabilidades.

1

FORMULACIÓN



Leyenda:

- 1. FORMULACIÓN
- Actividades
- Productos Principales
- Documentos de Información
- Inicio/Fin del Proceso
- Cambios de fase

Figura 1.1: Gráfico Fase Formulación

1.1. Introducción de la fase de formulación

GTR trata de hacer proyectos no desarrollados, que sean una base para que después empresas y operadores implementen lo que desde GTR se plantea. Por tratarse de una universidad, se busca la característica de investigación. Se procura que, a la vez que estas implementaciones persiguen un fin, sirvan como material de estudio para que otros puedan emplear lo desarrollado. Como ejemplos, la primera red inalámbrica Wi-Fi en Cusco, con enlaces de distancias de hasta 50 km, fue osada inicialmente en 2006. En el río Napo, en 2003, se implementó una red inalámbrica con torres de 90 metros, enlaces de 50 km y una red troncal de 500 km.

GTR intenta difundir una metodología para que otros la puedan emplear, y a la vez, estar continuamente innovando. Cuando GTR comenzó con las redes inalámbricas en 2003, implementando la primera red Wi-Fi, no existían redes similares en el mundo, ahora sí están desplegadas y por ello, se está investigando en nuevas tecnologías (por ejemplo Wimax), en la forma de hacer más competitivos los sistemas satelitales, en optimizar los sistemas en los que se comparte ancho de banda, etc. También se investiga para mejorar el sistema Wi-Fi, mejorar la telefonía de VoIP, mejorar la QoS y los sistemas gestión de red. La idea de GTR es estar a la vanguardia.

GTR también intenta difundir buenas prácticas. Las telecomunicaciones en zonas rurales no están reguladas, a veces, no se emiten autorizaciones (por ejemplo para el montaje de una torre), por lo que posteriormente no habrá una supervisión. Otro ejemplo puede ser que en muchos países está normado que se utilice bajo voltaje en torres, no 220 V, ya que se podría energizar una torre y causar graves accidentes. Existe poca información y por ello, otro de los objetivos de GTR es trabajar con las empresas mostrando buenas prácticas.

La definición del presupuesto, del plazo y los cronogramas está directamente ligado a la tecnología que se escogerá. Un despliegue de red satelital es bastante más rápido que el despliegue de red inalámbrica. A largo plazo, el presupuesto requerido para una red inalámbrica será inferior, a corto plazo, es más económica una red satelital.

Desde el punto de vista de los plazos de los proyectos, se deben diferenciar distintas fases. Deberá existir una etapa de estudio previa, una etapa de diseño de gabinete y una etapa de compras, seguirá la etapa de instalación, que se divide en instalación de la infraestructura e instalación de los sistemas de telecomunicaciones y equipos informáticos, y una etapa de pruebas. Cuando finalizan las pruebas se suele terminar con el proyecto, aunque en paralelo se podrá trabajar en la fase de capacitación y mantenimiento.

Conseguir financiación para el mantenimiento suele ser difícil ya que los proyectos tienen una vida acotada. El mantenimiento es una tarea frustrante, porque depende de terceros lo que dificulta los procesos de mantenimiento. Para generar conciencia de mantenimiento no habrá que centrarse en la técnica, sino en el beneficio de la red.

El primer documento que se generará en la fase de formulación será el estudio de prefactibilidad, se trata de un estudio sencillo donde se evalúan las distintas alternativas y se hace un presupuesto aproximado. Con la prefactibilidad se elegirá una opción y se realizará un estudio de factibilidad, donde se analizan los beneficios sociales, económicos y, en función de los fondos, se desarrollará un diseño técnico más o menos detallado.

En cualquier caso, se deberá crear un documento técnico y una propuesta económica con más o menos detalle. Si se exigiera menos detalle, se debería crear un documento interno más extenso que quede como respaldo.

1.2. Tipo de Proyecto

En primer lugar, hay que diferenciar si el proyecto está originado por una subvención, normalmente mediante convocatoria de una entidad que ofrece fondos para cooperación, o si el proyecto se solicita a empresas o entidades comerciales, con los que se participa. Generalmente, si GTR trabaja en estos últimos, lo hace como consultora técnica.

1.2.1. Proyecto determinado por la subvención de una entidad

Esta modalidad de proyectos se da en base a convocatorias. Se trata de los llamados proyectos de cooperación. Se deberá partir de un Documento de Formulación en el que se determinará el presupuesto disponible, el plazo temporal previsto y el alcance general que debe tener el proyecto.

Las características de los documentos de formulación estarán definidas en su totalidad por el organismo financiador. Hay entidades más rigurosas y otras más flexibles. La información mínima exigida a incluir será la justificación del proyecto, la descripción del proyecto, el marco lógico, los plazos, el presupuesto general, los alcances, la justificación de la experiencia que tiene cada socio o cada entidad que participa y los compromisos de cumplimiento de los requisitos que establezcan los financiadores.

Para determinar el lugar donde se va a realizar un proyecto de telecomunicación, lo primero que hay que valorar es la necesidad. El objetivo no es competir con los operadores comerciales, el objetivo es llegar donde no existen operadores y por lo tanto, subvencionar telecomunicaciones tiene sentido.

El segundo punto que se debe valorar es el nivel de desarrollo mínimo que debe haber en una localidad para que una red de telecomunicaciones impacte, ya que no en todos los lugares impactará de una manera adecuada. En un lugar donde no hay agua, la red de telecomunicaciones no es una necesidad todavía. Pero existe un punto en el desarrollo de una comunidad o de un pueblo donde las telecomunicaciones sí aceleran el proceso de desarrollo.

Se debe buscar la instalación de telecomunicaciones para interconectar personas que estén previamente conectadas, tiene que haber un tejido social previo. Estas instalaciones irán dirigidas a mejorar las comunicaciones, no a crear comunicaciones nuevas.

Se debe procurar que los futuros usuarios sientan como necesidad la red de telecomunicaciones. Esta necesidad se podrá valorar en la medida en que ellos inviertan en esa red.

Se deberá realizar un estudio de factibilidad, este estudio debe plantear un abanico de posibilidades, para escoger la más adecuada. De las posibles soluciones que plantea GTR, la satelital resulta ser un poco cara y las inalámbricas un poco más baratas, pero hay que valorar otros aspectos. Por ejemplo, cuando los sistemas son muy aislados se optará por una solución satelital. Cuando se debe implementar una interconexión elevada, la solución adecuada será una red inalámbrica, porque la interconexión va a aumentar tráfico sobre el sistema satelital, por lo tanto, va a ser inviable desde el punto de vista económico.

GTR no cree en las soluciones únicas para todos, por ello, se deberá realizar un estudio de factibilidad, tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista de rentabilidad social. La rentabilidad social se debe valorar, ya que estas redes no están implementadas con fines comerciales, si así fuera, se valoraría desde el punto de vista de rentabilidad económica.

Para analizar la rentabilidad social se eligen indicadores referidos a salvar vidas, educar personas, mejorar la gobernabilidad, etc. Estos indicadores se escogen al comienzo de los proyectos.

El proceso cronológico aproximado será: primero se determinará la zona, luego se hará un estudio de prefactibilidad, analizando los costos. Después se identificarán los recursos de los que se dispone, si se podrá financiar con recursos propios o se deberá ayudar a los futuros usuarios a encontrar financiación.

En proyectos de cooperación, generalmente el estudio de factibilidad está comprometido dentro del proyecto mismo, normalmente se destinan fondos para algún tipo de estudio de línea de base. En este tipo de proyectos se suele establecer el cronograma propio, ya que se propone la iniciativa para la que solicita subvención.

1.2.2. Proyecto independiente. Fines comerciales

En los proyectos con fines comerciales se seguirá el mismo proceso. Se planteará un estudio de prefactibilidad, en el que se analizarán las opciones tecnológicas, las necesidades de comunicación, las instituciones receptoras y la capacidad técnica para soportar la red. Se deberá presentar un presupuesto. Como suelen ser instituciones públicas las que solicitan este tipo de trabajos, GTR no suele realizar la instalación, simplemente un diseño y en muchos casos, un seguimiento o una asesoría.

Existe un interés, por parte de GTR, de potenciar a empresas, grupos o instituciones que se dedican al despliegue de redes y de incitarles a que abran las perspectivas a distintas opciones tecnológicas y que usen la que les convenga en cada caso. GTR ha realizado este tipo de trabajos para operadores grandes, municipios, consultorías, etc.

El estudio de factibilidad no necesariamente lo tendrá que crear la entidad que está asumiendo la ejecución del proyecto, se podrá haber redactado en etapas anteriores. En ámbito comercial, las empresas establecerán las características del servicio, lo que ya estará definiendo la viabilidad. Al aplicar y ser escogido, se adquirirá un compromiso con las características que se han definido, por lo que necesariamente no se exige un estudio de factibilidad.

En los proyectos con fines comerciales, los fondos dependen del monto que esté dispuesto el cliente a invertir en el servicio. Las entidades van a definir exactamente qué es lo que quieren, el cronograma y los requisitos y se tendrá que presentar un compromiso de cumplir con ello.

2

PLANIFICACIÓN

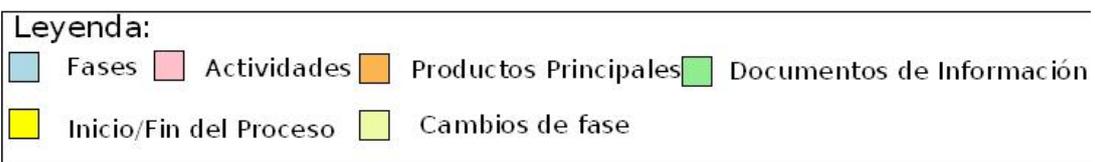
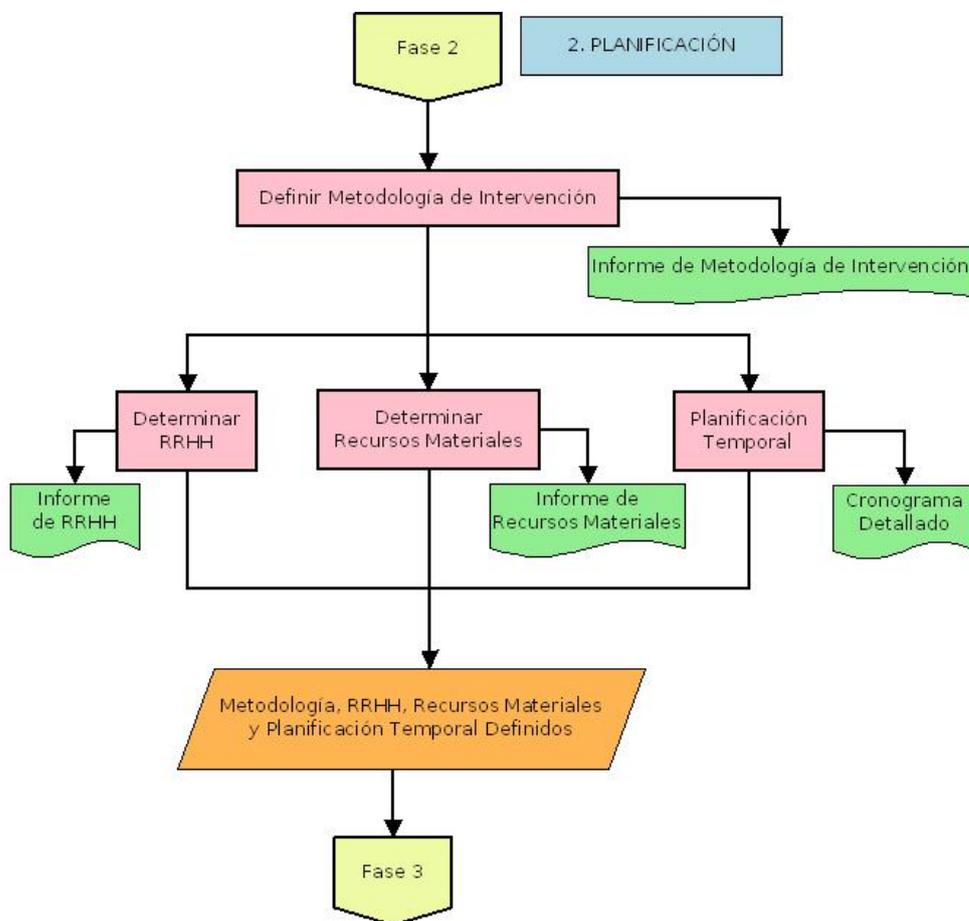


Figura 2.1: Gráfico Fase Planificación

2.1. Introducción de la fase de planificación

Esta etapa consistirá en diferentes actividades de gestión inicial. Se partirá del documento de formulación. Se deberán considerar los demás proyectos en los que se está trabajando, si es el caso.

La planificación consiste en profundizar en la definición de las fases, detallando el tiempo y los recursos de los que se dispone. Se tendrá que estudiar la posible saturación del personal, dejando previstas las actividades, los recursos e incluso cómo se ejecutarán los fondos para poder cumplir con los tiempos comprometidos de las actividades.

Se generará en esta fase un cronograma, que podrá realizarse mediante un diagrama de Gantt, indicando dónde y cuándo es el lugar y el momento en el que se tendrá que intervenir. En el diagrama de Gantt se incluirán los tiempos y el personal.

También se tendrá que hacer un listado aproximado de costos, para verificar que se ajusta al presupuesto. Este listado se generará, por primera vez, en la fase de formulación. En la etapa de planificación se revisará y se actualizarán costos, ya que pueden modificarse los precios o el cambio de divisas.

En esta fase se suele producir un acercamiento a los beneficiarios, se interactuará mediante convenios.

2.2. Metodología de intervención

Primero se deberán tomar como referencia los hitos de lo que se ha comprometido. En base a esto, se planificará, definiendo la temporización de cada etapa. Por las características de los escenarios, la planificación dependerá en gran medida de la realidad de la zona. Por ejemplo, se deberá tener en cuenta que no es conveniente planificar la etapa de instalación en temporada de lluvia, salvo retrasos, cruces con otros proyectos u otros imprevistos, por los que se tenga que llevar a cabo alguna etapa bajo peores condiciones climáticas.

De acuerdo a la planificación temporal, definidos los plazos y los hitos, se determinará la necesidad de recursos humanos para cumplir con las actividades. También se deberá planificar la disponibilidad de recursos materiales, como por ejemplo, los instrumentos de medición. No se deberá olvidar planificar el gasto de los fondos, en función del momento en el que se reciban.

2.3. Planificación temporal

Esta sección consiste en la afinación del cronograma definido en la fase de formulación. Deberán definirse las fases y los hitos. Para las fases se tendrá que determinar la duración prevista y para los hitos, las fechas límite.

La duración de cada fase depende de la magnitud de cada proyecto, pero aquí se va a dar una idea de la duración aproximada de cada etapa:

Normalmente, la etapa de estudio de campo puede durar alrededor de un mes. La etapa de diseño puede llevar también un mes dependiendo de la topología y de la complejidad de la red

que se va a desplegar.

La parte de compras puede dilatarse uno o dos meses en función del diseño y de los materiales y equipos que haya que importar o comprar localmente.

En la etapa de simulación se tendrán que montar los equipos, configurarlos y hacer las pruebas de acuerdo a la topología que ya se haya definido, esto puede demorar alrededor de unos quince o veinte días, dependiendo del tamaño y de la complejidad de la red. A la vez se generará la documentación de esa red, el plan de direccionamiento IP y los protocolos de pruebas. La etapa de acondicionamiento de los materiales puede durar unos veinte o treinta días.

La demora de la fase de envío depende de la zona de intervención, si el destino es una ciudad principal puede ser de una o dos semanas, en caso de que el escenario sea sierra, una semana, en el caso de zonas de selva suele tardar unos diez días. Para repartirlo a los puntos finales, en sierra será necesario dos o tres días y en el caso de la selva, hasta una semana o quince días porque el medio de transporte es el río.

La etapa de instalación puede durar uno o dos meses, dependiendo del tamaño y las complicaciones que haya. La fase de pruebas puede llevar alrededor de veinte o treinta días.

Se deberá tener en cuenta que el trabajo en campo es muy duro, se trabaja en zonas muy difíciles y eso obliga a tener a las personas por tiempo limitado. Realmente una persona no rinde más de veinte días en campo.

2.4. Recursos humanos

También se deberá determinar los recursos humanos con los que se cuenta. El número de personas necesarias se calculará en función del número de puntos. El personal se suele estimar por horas/hombre incluyendo el cargo, por ejemplo horas/hombre-técnico, horas/hombre-ingeniero, etc. Se suele empezar a definir en la fase de formulación.

Se formarán grupos de trabajo para que puedan intervenir más rápido en las instalaciones, en las pruebas, en la preparación de material, etc. Se requiere cierta especialización en cada actividad del personal encargado. Se podrá incluso contrar a alguna empresa especializada, por ejemplo, para la preparación de las cajas.

Como ejemplo, en un proyecto realizado por GTR de trece puntos en zonas de selva, se formaron dos grupos de torreros para instalar las torres en paralelo. En el caso de sierra, el número de torres suele ser menor, por lo que un grupo trabajaba en los repetidores y otro grupo trabajaba haciendo las pruebas e instalando los equipos en cada sitio.

Los grupos de torreros pueden ser de cuatro o cinco personas. En el caso de las instalaciones de los equipos en los puntos cliente, pueden ser grupos de dos o tres personas.

Una clave fundamental para reducir costos es disponer de abundante documentación ya que intervienen muchas personas. GTR siempre trabaja sobre un diseño. Se deberá crear gran cantidad de diagramas y esquemas. Éste es el modo mediante el cual se sincronizarán las distintas fases de los proyectos. La cantidad de información necesaria depende de la magnitud del proyecto. Al aumentar el número de personas aumenta la cantidad de información necesaria de forma

exponencial ya que hay más interacción del personal. Una clave para reducir el número de interacciones es fraccionar los trabajos.

El número de personas necesarias y la cantidad de trabajo no siguen una relación lineal. Se deberá buscar el punto óptimo de máxima eficiencia entre el personal dedicado, lo que influye en el coste, y la duración de los trabajos. Habrá que tener en cuenta los límites temporales del financiador para la entrega final.

3

DISEÑO DE LA RED

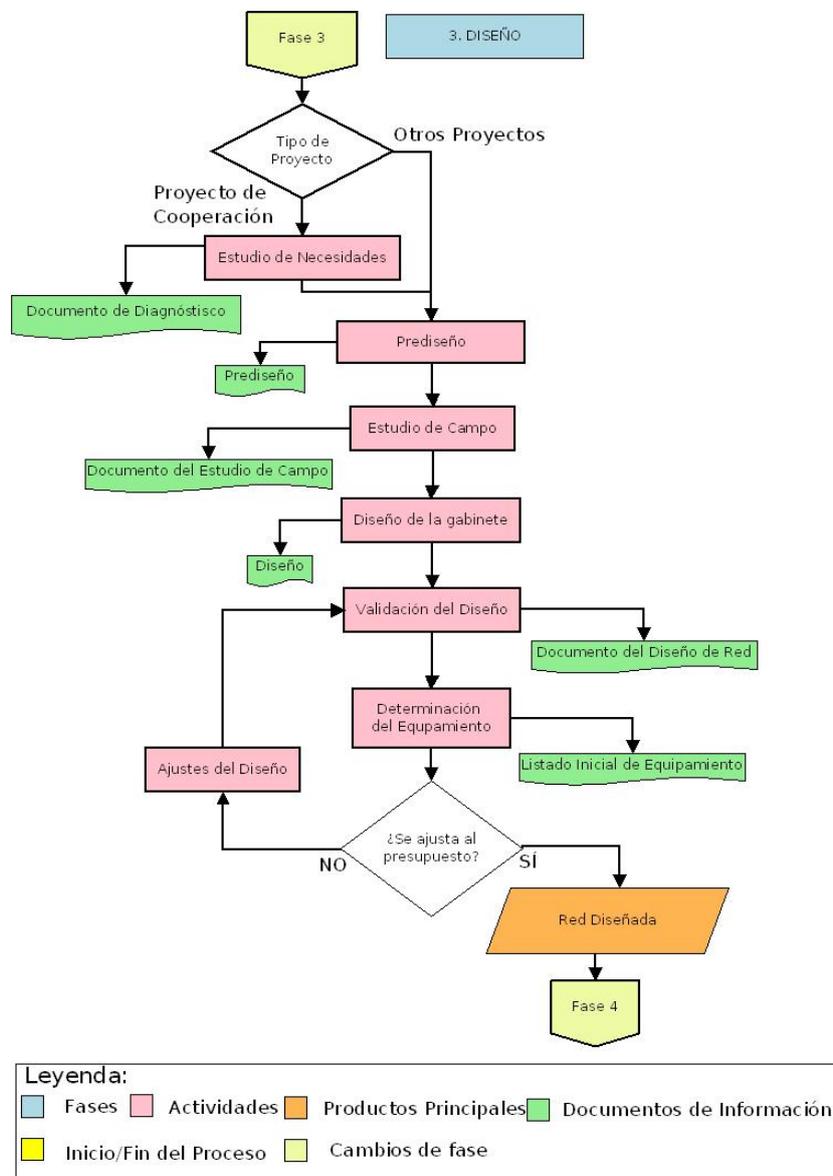


Figura 3.1: Gráfico Fase Diseño

3.1. Estudio de necesidades

Esta tarea se realizará únicamente en los proyectos de cooperación. El estudio de necesidades se destina a conocer las características especiales de los beneficiarios como usuarios de la red. Se deberán determinar las necesidades generales de comunicación y acceso a la información.

Algunos de los datos interesantes sobre los beneficiarios, de los que se dispondrá una vez finalizada esta tarea, serán la disposición a participar en el proyecto, la necesidad de comunicación con otras instituciones, la posible colaboración en seguridad y mantenimiento, etc.

Se creará un documento de diagnóstico de necesidades de comunicación y acceso a la información. Se va a dar un ejemplo de las posibles variables de estudio y de las herramientas a emplear para este diagnóstico.

3.1.1. Variables de estudio

- Contexto general. En esta dimensión se analizará el contexto en el que se desarrolle la intervención, teniendo en cuenta los ámbitos nacional, regional, provincial y distrital.
 - o Ubicación geográfica. Mapas.
 - o Población total de la zona (distribución territorial, por sexo y edad).
 - o Índice de desarrollo humano (IDH). Acceso a los servicios básicos.
 - o Directorio de autoridades.
 - o Programas del estado. Programas de la cooperación internacional.
 - o Planes de extensión de infraestructuras de telecomunicación públicas previstas por el gobierno central, regional y local para la zona de estudio.
 - o Datos detallados a nivel distrital:
 - * Períodos estacionales: ciclos anuales en clima, actividades económicas, civiles (p.e. de la municipalidad), culturales, religiosas.
 - * Infraestructuras públicas de acceso en la zona: transporte, energía, servicios básicos y telecomunicación. Croquis, plano de ubicación con rutas de acceso.
 - * Mapeo de actores (instituciones públicas, privadas, empresas del sector TIC, ONGs, etc. que trabajan en la zona de intervención): identificación, relaciones entre ellas.
- Caracterización física de las instituciones.
 - o Análisis de la infraestructura física: edificios, descripción de ambientes, plano, mapa de ubicación, etc.
 - o Infraestructura de acceso a energía eléctrica: si se trata de red o sistemas autónomos (fotovoltaicos/motor Diesel).
 - o Dotación de medios de transporte.
 - o Equipamiento informático y de telecomunicación de los establecimientos y distribución de las infraestructuras de comunicación e información.
 - o Costo de operación y mantenimiento de los servicios TIC, a nivel institucional, desagregado por servicio de telecomunicación (voz e Internet).
 - o Viajes: frecuencia, destinos más frecuentes, motivos más frecuentes, duración y coste.
 - o Instituciones con las que se relaciona la institución (mapeo de actores externos: tipo de institución, grado de acercamiento, poder, tipo de relación).

- Caracterización de la organización de las instituciones.
 - o Estructura organizativa (departamentos: funciones, recursos).
 - o Estructura territorial.
 - o Cultura organizativa: valores, identificar los ritmos y ritos (diarios, semanales, mensuales y anuales) de la organización.
- Caracterización de las personas de las instituciones.
 - o Caracterización de usuarios: nivel de formación, edad, género, frecuencia en uso de TIC, predisposición para usar las TIC, TIC conocidas y utilizadas, grados o cursos de capacitación.
 - o Necesidades de capacitación para desarrollar su trabajo, preferencia y facilidades que posibilitarían su participación en capacitaciones futuras.
- Caracterización de los procesos de las instituciones.
 - o Mapeo de comunicación e información - Entidades de información. Datos y entregables que recibe o genera cada institución en su relación con otras y al interno en relación con sus áreas funcionales
 - o Mapeo de procesos. Identificación general de los macro-procesos institucionales: función, clientes, resultados

3.1.2. Herramientas para el estudio de necesidades

En función del proyecto a realizar, las herramientas para el estudio de necesidades se podrían encontrar entre éstas:

- Talleres internos. Se dedican a levantar información fina de una institución determinada.
- Entrevistas para las instituciones. Dan información sobre la institución.
- Encuestas. Se pueden realizar a los futuros usuarios.
- Transectos de la estructura física. Se recopilará información sobre la estructura de los edificios.
- Reuniones con las instituciones beneficiarias. Se destinan a obtener información directa de los responsables de las instituciones.
- Reuniones con los socios de la zona (si los hay). Se realizarán los acuerdos necesarios con los socios.
- Talleres externos. Destinados a levantar información intrasectorial y distrital de cada zona.
- Cursos. Se dedican a capacitar y crear expectativa.

3.2. Prediseño

Se deberá definir la zona de intervención. Durante el estudio de necesidades se habrán conocido determinadas características de la zona. Con esta definición se procederá a la validación en campo.

El prediseño dependerá de la tecnología de acceso y de topología de la red.

3.2.1. Puntos cliente

Los puntos cliente se habrán definido en la fase de formulación. Se habrán verificado los lugares y sus coordenadas. Dentro de cada comunidad a veces también se hace una distribución de la red, se deberá haber comprobado las condiciones de cada punto y con qué recursos se cuenta.

En el caso de la selva se deberá conocer si se cuenta con movilidad, cuántas personas hay en el establecimiento, qué funciones tienen, etc. En una ciudad de sierra se tendrán que comprobar las facilidades para instalar la infraestructura, techos, soportes...

3.2.2. Selección de posibles puntos repetidores de la red troncal

Los principales criterios para seleccionar los puntos repetidores, en el tipo de redes que implementa GTR, son:

- Se preferirá que estén en una zona de fácil acceso.
- Deberá existir línea de vista entre repetidores.
- Se deberá tratar de que los enlaces no superen los 50 km.

Se buscarán previamente las coordenadas mediante el nombre de las comunidades. En base a estas coordenadas y otros documentos, se ubicarán los posibles puntos repetidores, gracias a Radio Mobile (ver Apéndice A), que permite dibujar sombras de cobertura. Se hará una primera simulación. Con esta simulación se podrá determinar la necesidad de ubicar puntos intermedios.

Posteriormente a la realización del prediseño, se verificará en campo cómo de accesible es llegar a ese lugar.

Existirá diferencia de criterios para los diversos escenarios:

En el caso de zonas de selva, si son puntos muy distantes, se recogerán coordenadas de comunidades intermedias. Aunque Radio Mobile indique menos, por experiencia en campo de GTR, las alturas de las torres serán de más de 45 metros para enlaces de 10 a 30 km; para enlaces de 30 a 40 km, la altura mínima será de 60 metros, etc.

En el caso de la sierra, se determinarán los posibles cerros para ubicar los repetidores. En sierra las torres no son tan altas ya que se suelen ubicar zonas elevadas. Se deberá verificar la línea de vista, que no existan obstáculos.

3.2.3. Selección de posibles puntos repetidores de la red local

Para el tipo de redes que diseña GTR, se elegirá como repetidor local uno de los puntos cliente. Se seleccionará el más elevado, siempre que tenga línea de vista hacia los demás.

Esta selección también dependerá del tipo de antenas. Por ejemplo, si se va a instalar una antena sectorial, el punto repetidor de la red local será el que tenga línea de vista hacia el repetidor troncal y pueda abarcar a los demás clientes.

En este momento se tendrán los posibles puntos donde se ubicarán los nodos. Se deberá disponer de las coordenadas y de la altura del terreno. Se habrá creado un prediseño.

3.3. Estudio de campo

En la etapa de estudio de campo se deberán confirmar las características y requerimientos especiales de la zona de trabajo. Esta fase consiste en la visita a los posibles nodos de la red, incluyendo la planificación de estas visitas, la coordinación para llevarlas a cabo y la definición de recursos a emplear, como las herramientas y el equipamiento.

Si se realizara el estudio de campo de forma participativa, también se deberá incluir la planificación de las reuniones con los beneficiarios y la posible firma de convenios.

El estudio de campo consiste en validar el prediseño o, por el contrario, determinar la necesidad de modificarlo. En el terreno se comprobará cuál es la locación óptima de entre los posibles puntos intermedios que se obtuvieron con Radio Mobile.

3.3.1. Elementos indispensables

Se propone un pequeño listado con los recursos que no deberán faltar durante el estudio de campo:

- Equipo GPS.
- Cámara fotográfica y/o cámara de video.
- Brújula.
- Catalejos.
- Herramientas básicas.
- En algunos casos, equipos para pruebas.

3.3.2. Información a recoger

A continuación, se proponen los datos que se deberán registrar:

- Coordenadas geográficas puntos cliente:
Punto / Localidad / Coordenadas (Latitud / Longitud) / Altura (m)
- Coordenadas geográficas puntos repetidores troncales y locales:
Punto / Coordenadas (Latitud y Longitud) / Altitud (msnm.) / Lugares que se observa (distancia (km))
- Lectura de resistividad del terreno:
Punto / Resistividad (Ohm)
- Movilidad:
Punto de partida / Punto de llegada / Tipo / Distancia (km) / Tiempo de desplazamiento (min) / Consumo de combustible (litros)
- Autoridades:
Comunidad / Autoridad / Nombre y apellidos / Teléfono / E-mail

Se deberá completar esta información con fotografías, videos.

3.3.3. Visita de campo

Para llevar acabo esta fase será preferible disponer de un formato de recogida de la información. Éste, será diferente para los distintos escenarios (selva y sierra).

En primer lugar se deberá determinar el plazo de la actividad y la responsabilidad de que éste se cumpla. Se definirán los lugares que se visitarán, de acuerdo con el prediseño. Resultará conveniente conocer el tiempo que se empleará en cada desplazamiento a las ubicaciones bajo estudio. Se relizará la planificación de las visitas y reuniones.

Las salidas de campo suelen ser costosas, en cada viaje se deberá recopilar la máxima información posible para un correcto estudio de gabinete.

Durante el estudio de campo, para determinar la ubicación de un repetidor, se visitarán diferentes lugares. La elección se basará en la existencia de visibilidad directa con los otros nodos.

Se realizarán las mediciones y se recopilará la información descrita en el apartado anterior. Se deberá verificar la altitud y las coordenadas geográficas con GPS, se comprobará la accesibilidad al lugar, la existencia de energía, de posibles obstáculos o infraestructura de telecomunicaciones ya desplegada, incluso se tomará información de la resistividad del suelo.

También será interesante conocer la propiedad del terreno para poder solicitar y obtener autorizaciones para instalar los equipos. Como información complementaria se podrá determinar la visibilidad para posibles enlaces futuros.

En las visitas a los repetidores locales y a los puntos cliente, se realizará la inspección de las instalaciones y se comprobará la línea de vista con otros puntos para determinar la mejor ubicación de los equipos.

La parte complementaria a las visitas serán las reuniones con los socios de la zona, si los hubiera, con los responsables de los puntos cliente y repetidores y con los gobiernos y otras instituciones que intervengan.

En las reuniones con los socios de la zona se acordarán convenios de participación. Se deberá determinar, en las reuniones con los responsables de los puntos cliente, el interés en colaborar y participar en el programa y la disposición de personal para el apoyo durante los trabajos de instalación de equipos o para ser capacitados en tareas de mantenimiento. En las reuniones con los gobiernos, se explicarán los alcances del proyecto y las diversas necesidades, se determinará su posible participación en el proyecto, así como se solicitarán las aprobaciones de los trámites necesarios.

Podría ser apropiado componer un plano de los lugares visitados.

3.4. Diseño de gabinete

En esta fase se definirán los tipos de enlaces y las tecnologías, así como la altitud y coordenadas de los nodos y las distancias de los enlaces.

El diseño se deberá desarrollar en base al estudio de necesidades y al estudio de campo. Se deberá disponer de los requisitos, es decir, de los servicios sobre la infraestructura a implementar, lo que estará relacionado directamente con el ancho de banda requerido.

3.4.1. Servicios sobre la infraestructura

La elección de los servicios sobre la infraestructura de los que se dispondrá, será conjunta de los beneficiarios y los implementadores.

En las redes implementadas por GTR se está seleccionando Internet y VoIP, ya que se está eligiendo una tecnología que ofrece alrededor de 10 Mbps. Si se implementara otra tecnología se podría pensar en otros servicios.

- Servicio de acceso a Internet.

Se definirá la ubicación de los puntos de conexión a Internet. Se deberá instalar un servidor que gestione las salidas a Internet y equipos de acceso a Internet (provistos por el proveedor de acceso).

Se calculará el ancho de banda disponible por cada zona (ancho de banda disponible en la troncal dividido entre el número de zonas), luego cada zona debe contratar un servicio de acceso a Internet efectivo de ese ancho de banda.

- Servicio de telefonía (VoIP).

Se empleará telefonía de voz sobre IP (VoIP), la cual permite a los usuarios hacer y recibir llamadas usando el protocolo de Internet, también permite integrar voz con aplicaciones de datos.

Se definirá la ubicación del servidor de telefonía. Los servidores de telefonía se instalarán en cada repetidor local. Se calculará el número de llamadas en simultáneo que puede controlar cada servidor y se determinará el número de anexos locales y si se podría expandir a más usuarios. Las llamadas dentro de la red serán gratuitas.

Se determinarán los lugares de instalación de sistemas de comunicaciones de voz. se definirán los números telefónicos de cada punto de red.

- Aplicaciones adicionales.

En función de las necesidades de los usuarios, a través de la red diseñada se podría acceder a aplicaciones tales como:

- o Tele educación (cursos en línea, educación a distancia, tutoriales...)
- o Tele medicina (tele consultas y transmisión de información)
- o Aplicaciones cliente servidor (bases de datos, programas corporativos...)
- o Acceso a servidores web, correo electrónico, ftp...
- o Comercio electrónico
- o Acceso a información del estado, económica...
- o Tele vigilancia, tele trabajo...

3.4.2. Descripción general de la red de telecomunicaciones

En este punto se definirá el alcance general del proyecto, distinguiendo si se instalarán sistemas de voz, datos o ambos para tener acceso a telefonía y/o Internet. Se describirán las zonas involucradas finalmente y las posibles ampliaciones futuras.

Se describirá el tipo de enlaces (inalámbrico/cableado), la tecnología de red que se empleará y su topología.

En esta guía hablaremos de enlaces inalámbricos con tecnología Wi-Fi, ya que GTR está desarrollando este tipo de redes.

Se crearán tablas con los datos georreferenciales (latitud, longitud y altura) de los puntos que comprenden la red troncal, repetidores locales y puntos finales.

Para visualizar la topología general se incluirá un esquema general de la red troncal, los enlaces de distribución, los repetidores locales y las estaciones cliente.

- Repetidores troncales:

En la red troncal, se definirá el tipo de enlace (ptp/ptmp), la distancia de los enlaces, calculada en base a las coordenadas, y el número n de repetidores (por tanto $n-1$ enlaces). Resultará útil nombrar los repetidores. Si los enlaces representan grandes distancias (km), será conveniente usar antenas directivas e interfaces inalámbricas de alta potencia.

Empleando el software Radio Mobile (ver Apéndice A), se diseñará cada uno de los enlaces troncales. Se utilizarán equipos inalámbricos 802.11b/g o 802.11a, en función de la banda de frecuencia seleccionada (5,8GHz o 2,4GHz, respectivamente).

En cada enlace se cuidará que, para cada estación repetidora, se configuren enlaces contiguos en polarizaciones diferentes (vertical/horizontal).

El software de Radio Mobile permite mostrar las figuras con los enlaces y sus perfiles.

- Repetidores locales:

Se definirá la ubicación de cada repetidor local, así como el punto de conexión con la red troncal.

Se determinará el tipo de enlaces (ptp/ptmp), el número y nombre de los repetidores locales, el número de clientes por cada estación repetidora y la distancia de los enlaces locales y de los enlaces a la red troncal.

También habrá que establecer la frecuencia y el estándar inalámbrico de los enlaces de distribución.

- Estaciones finales:

Se refieren a los puntos finales de conexión, en los que se dotará de conexión a Internet y acceso a la red telefónica del proyecto. Se determinará los puntos donde se dará algún tipo de acceso y cuál.

Se definirá el voltaje de la alimentación eléctrica a la que trabajan los equipos. Se detallarán las características de los equipos de cómputo instalados en los establecimientos: Computador personal de bajo consumo (placa, memoria, fuente de alimentación) y equipos de impresión (impresora).

En los enlaces de distribución, entre el repetidor local y los puntos cliente las distancias son pequeñas (m) y sólo se necesitará de interfaces de baja potencia y antenas de baja ganancia en los repetidores y establecimientos.

- Presupuesto por enlace:

Mediante el software de Radio Mobile (ver Apéndice A) se realizará el cálculo de cada uno de los enlaces, haciendo una predicción de los márgenes de operación del sistema, determinando los ángulos acimutales, ángulos de inclinación y los despejes de la zona de Fresnel.

Los parámetros por enlace que se pueden ajustar son la frecuencia mínima (MHz), la frecuencia máxima (MHz), el modo estadístico (difusión: % tiempo / % ubicaciones / % situaciones), el clima, el sistema empleado, el tipo de antena y las pérdidas de línea.

La banda de frecuencias (2,4 o 5,8 GHz) se define considerando las posibles interferencias con equipos ya instalados. El usar la banda de frecuencias menos saturada nos permitirá un mayor tiempo sin interferencias para los enlaces y un buen ratio Señal/ruido.

- Ejemplo de distribución de antenas:

En un repetidor intermedio habrá tres antenas, dos de ganancia alta para el enlace troncal y otra de baja ganancia para el enlace de distribución. En los repetidores finales únicamente dos antenas (sólo hay un enlace troncal) y en los establecimientos finales una antena. Cada antena debe estar relacionada a una determinada interfaz inalámbrica, por tanto habrá tantas interfaces inalámbricas como antenas.

3.4.3. Diseño del subsistema de telecomunicación

Generalmente se buscarán equipos que tengan aplicaciones lo más estándar posible, evitando soluciones netamente propietarias.

Para los enrutadores GTR está empleando placas MIKROTIK y ALIX. Las nuevas placas se deberán probar primero en laboratorio para luego enviarlas a campo.

- Sistema de telecomunicaciones de la red troncal:

Se determinará qué equipos (routers, antenas...) y el número de éstos que conforman el subsistema de telecomunicaciones de cada repetidor. Se confeccionará una tabla con las características de los equipos: Equipo / Fabricante / Modelo / Características.

Se diferenciarán los equipos empleados en los enlaces troncales y en los enlaces de distribución, definiendo la interfaz inalámbrica 802.11 y la antena, el enrutador - computador, los cables coaxiales y los cables pigtail empleados.

- Sistema de telecomunicaciones de los repetidores locales:

Se enumerarán los equipos que conforman el sistema de telecomunicación (interfaz inalámbrica, enrutadores, antenas...). De cada elemento se determinará el fabricante, el modelo

y sus características.

Los equipos a instalar son:

- o Servidor de telefonía de VoIP y acceso a Internet.
- o Router de acceso a Internet.
- o Switch para la interconexión de equipos de comunicación a través de una red LAN local.
- o Punto de acceso para telefonía.

- Sistema de telecomunicaciones de las estaciones finales:

Se elegirán los elementos de telecomunicaciones (router de acceso a la red, antena, ATA...) necesarios.

3.4.4. Diseño del subsistema de infraestructura

Se deberá definir la fabricación de los elementos de las torres y su montaje, también la disposición de las cajas metálicas de alojamiento para estaciones cliente, repetidores locales y troncales.

Habiendo hecho un estudio exhaustivo con Radio Mobile (ver Apéndice A), GTR obtiene las alturas de las torres mediante el método siguiente:

1. Comenzar encontrando las alturas que nos garantizan 0.6F o 0.7F de despeje en el peor punto de la trayectoria de enlace.
2. Añadir a estas alturas 10 metros en los centros poblados rurales y 5 metros en las ciudades grandes.

- Sistema de infraestructura de la red troncal:

Se dará la ubicación de cada punto repetidor. Se explicará por qué elementos está conformada (torres, casetas, soportes para antenas, plataformas de montaje de antenas...).

- Sistema de infraestructura de los repetidores locales:

Se explicará de qué elementos está compuesta (soporte para las antenas, torre...).

- Sistema de infraestructura de las estaciones finales:

Se enumerarán sus elementos, como postes (indicando su longitud) o soportes en "L".

3.4.5. Diseño del subsistema de alimentación eléctrica

- Consumo de energía de la red:

Se deberá dimensionar el sistema para que alimente a los elementos necesarios (router, sistema de vigilancia...).

- Fuente de energía:

Se determinará el tipo de energía (fotovoltaica/eléctrica de la red pública).

Cuando la electricidad esté garantizada las 24 horas del día se utilizará la electricidad de la red pública. En los demás puntos se deberán emplear sistemas fotovoltaicos. Se podría emplear un sistema dual, que, cuando no se disponga de la electricidad de la red, se emplee la de los paneles.

- Sistema de almacenamiento:

También habrá que definir el sistema de almacenamiento, en función de la autonomía que interese que disponga.

- Elementos:

Habrà que enumerar y definir los elementos que compondrán el sistema (controladores, paneles solares, baterías...).

Se podrá estudiar la posibilidad de añadir baterías de libre mantenimiento. Se tendrá que tener en cuenta que poseen menor amperaje/hora por lo que se requerirá mayor número de baterías para poder cubrir la carga.

3.4.6. Diseño del subsistema de protección eléctrica

- Sistema de protección eléctrica de la troncal:

Se deberán definir los elementos de los que consta el sistema: pararrayos, pozos a tierra, barra master, protectores de línea y accesorios adicionales. Se determinará el tipo de pozos a tierra a construir en las estaciones (horizontales/verticales), longitud lineal, forma, ancho de la sección y profundidad. Se decidirá si se instalan UPSs para proteger los equipos ante fluctuaciones y cortes de energía eléctrica.

- Sistema de protección eléctrica de los repetidores locales:

Los elementos que se definirán son el pozo a tierra, la barra master, los protectores de línea y accesorios adicionales. Para proteger a los equipos de cambios bruscos en el sistema de energía se podrán emplear UPSs que además servirían como sistemas de respaldo de energía en caso de corte.

- Sistema de protección eléctrica de las estaciones finales:

Se determinará el pozo a tierra, la barra master y accesorios adicionales que se vayan a emplear. Si las antenas están ubicadas fuera del alcance de los rayos no será necesario emplear protectores de línea. Se podrán usar UPSs.

3.4.7. Diseño del subsistema de seguridad y vigilancia

En los repetidores, se podrá instalar un servicio de vigilancia remota que cumpla las siguientes funciones: dificultar el acceso a intrusos (cerco o enmallado), detectar la presencia de intrusos (sensores de presencia y cámaras de vigilancia), interacción con el sistema de telecomunicación para reportar la presencia de intrusos por correo electrónico y/o telefonía, activación de alarmas que permitan poner en alerta a los beneficiarios, etc.

3.4.8. Diseño del subsistema informático

Generalmente se instalarán sistemas operativos abiertos basados en Linux, debido sus aplicaciones y a las limitaciones de presupuesto para la compra de licencias.

GTR emplea VoyageGTR, se incluye su definición en el Apéndice E.

3.5. Validación del diseño de red

Esta tarea se puede realizar mediante un diseño participativo. Consiste en validar con los beneficiarios y con el resto de los actores que están involucrados. Implica coordinación y acuerdos, por ejemplo con propietarios de terrenos.

También se podría validar el diseño en función del presupuesto o de forma técnica si el proyecto no es de cooperación. En esta guía se va a definir la validación mediante diseño participativo.

3.5.1. Metodología del diseño participativo

Se ejecutará la presente actividad con el fin de realizar la devolución de los principales hallazgos del diagnóstico participativo de necesidades de información y comunicación, y por otro lado, definir el diseño de la red con la participación de los representantes de los sectores involucrados.

Previamente se definirán los datos para la planificación, como la fecha, el lugar, la duración y los participantes.

Los objetivos específicos del diseño participativo serán:

- Socializar los resultados del diagnóstico y obtener comentarios de los actores.
- Brindar información sobre la red y los servicios a instalar.
- Verificar disposición a aportar para ampliación de red.
- Confirmar, en primera instancia, el compromiso de los beneficiarios en el mantenimiento futuro de la red a instalar.
- Levantar información complementaria que, a partir del primer estudio de necesidades se haya identificado como necesaria.

3.5.2. Actividades de los talleres

Este diseño participativo se podrá llevar a cabo mediante un taller. Este taller se diseñará tratando de que los participantes formen parte activa. Se utilizarán técnicas participativas que facilitarán la intervención de los actores locales. Las actividades podrían organizarse secuencialmente como sigue:

1. Presentación del taller:

- Presentación del programa y a sus socios.
- Presentación del objetivo de la Red de Telecomunicaciones e Informática.
- Presentación del objetivo del taller.

2. Presentación de los participantes:

- Dinámica de la red: Para motivar a los participantes a tejer una red de personas e instituciones.
- Dinámica del teléfono malogrado (Importancia de la Comunicación): El facilitador ordena a los participantes en un círculo del cual él forma parte. Seguidamente indica que el dará una información al participante que está a su derecha y este deberá dar la misma información al participantes de su derecha y así sucesivamente hasta que la información llegue a la persona que inicio dicha cadena de información. Luego el facilitador, que es quien inicio la información, dará a conocer lo que recibió y dará a conocer también el texto completo de la información inicial para que los participantes puedan apreciar si llegó completa o no.

3. Devolución del diagnóstico de necesidades de información y comunicación:

- El facilitador hace una breve presentación del estudio de necesidades realizado en la zona de intervención.
- Se entrega a los participantes gráficos de población, equipamiento por sector, viajes y organigramas para motivar a la discusión y análisis.
- Los participantes hacen observaciones a la información recibida.
- Se hace un listado de conclusiones.

4. Trabajo en grupos:

- Los asistentes mediante una dinámica son divididos en grupos de trabajo para responder los interrogantes planteados:
 - o En qué parte de las conclusiones están de acuerdo y en cuáles no.
 - o Qué nueva información importante para el programa hay en la zona.
- En cada grupo, los participantes, mediante una lluvia de ideas e intercambio de opiniones generan propuestas que complementen y ayuden a una mejor intervención del proyecto en sus zonas de trabajo. Esto enriquece los preliminares de la intervención.
- Se realiza un listado de las instituciones a las cuales debería llegar la red.
- Un representante de cada grupo socializa sus conclusiones.
- La información que se pretende obtener son propuestas generales para la intervención que mejoren el estudio de necesidades en los temas siguientes: instituciones educativas, políticas locales sobre el tema, datos sociales y económicos nuevos, vías de acceso a la localidad, medios de transporte, costos de desplazamiento (medir los viajes para salir de la zona y comparar cuando se tenga el proyecto, centros poblados y caseríos con los que se relacionan, infraestructura de comunicación y acceso a información.
- Un miembro de nuestro equipo irá recogiendo los datos para generar una retroalimentación inmediata.

5. Las TIC en nuestra institución:

- Se explica con un gráfico como las TIC apoyan a las personas y procesos para conseguir los objetivos estratégicos institucionales.

6. Descripción de otra red:

- Se usa otra red para explicar:
 - o Principales elementos y servicios brindados por una red inalámbrica.
 - o Descripción de la red troncal y sus servicios.
- A partir de la red descrita se presenta la red troncal.

7. Diseño participativo de la red local (ubicación de locales):

- Se indica que se describirá la red local y se empieza ubicando los locales.
- Se ubican también otros locales que aunque no están previstos podrían ser beneficiarios potenciales y se priorizan por votación de los presentes.

8. Diseño participativo de la red local (ubicación de servicios):

- Con los locales ya ubicados se pide a los participantes que ubiquen los servicios que se brindarán: telefonía, Internet y computadora.

9. Acuerdos y Compromisos:

- Se listan las tareas y compromisos que asumen las instituciones y el Programa.

10. Cierre del taller.

3.6. Listado de equipamiento aproximado

En función de la red que se va a montar y gracias a la experiencia de GTR con algunos equipos, se tienen definidas unas marcas y modelos con los que se trabaja.

Normalmente GTR emplea las placas ALIX o SOEKRIS.

En función de los enlaces y de las distancias, el tipo de antena que se emplea también es conocida, se usan antenas de panel, de grilla, parabólicas, etc. Tanto el tipo de antena como el tamaño de la torre se define de acuerdo al estudio de campo y al diseño de gabinete.

Otros equipos básicos son las fuentes de alimentación. Si hay energía, se utilizan UPS, estabilizadores. Si no hay energía se utilizan paneles solares y todo lo que conlleva un sistema de energía solar. GTR está trabando con sistemas de cuatro días de autonomía.

En cuanto al sistema de protección eléctrica, ya se tienen definidos los pozos a tierra. Normalmente son horizontales, ya que se logran mejores resistividades, pero depende de la zona en la que se va a trabajar. Por ejemplo, en zonas rocosas, debe ser horizontal. Si el suelo es bueno y es fácil cavar, se puede hacer uno vertical.

Se debe buscar que los equipos sean de bajo consumo de energía, de bajo costo, robustos y de fácil configuración.

Normalmente, se trabaja con Linux, se trata en lo posible de emplear soluciones abiertas.

Por experiencia GTR trabaja con proveedores conocidos, que dan buenos precios y que proveen en el tiempo que se necesita. Pero hay que ir comparando con otros proveedores del mercado.

Se pueden requerir ajustes del diseño por razones económicas y debido a posibles ampliaciones de nodos en la red.

4

COMPRAS

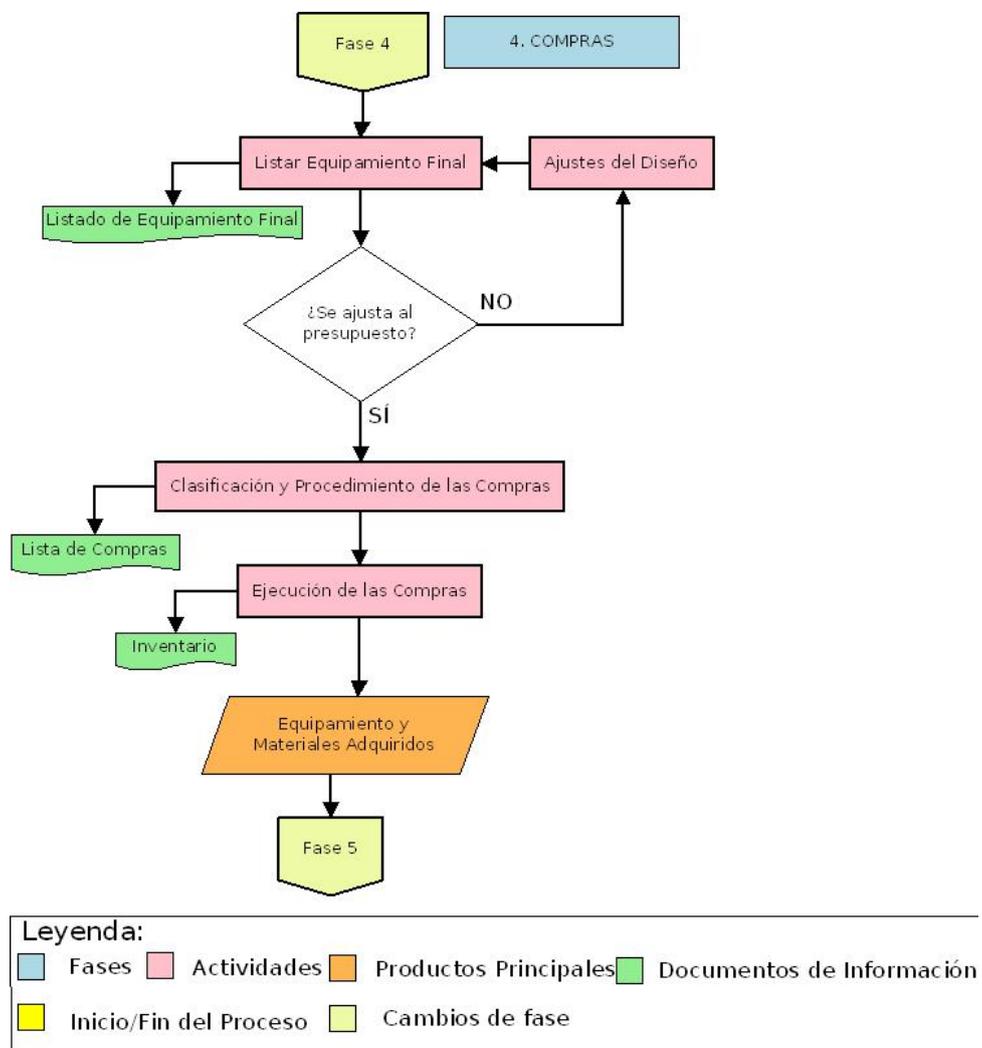


Figura 4.1: Gráfico Fase Compras

4.1. Listado final del equipamiento

La primera actividad de este campo deberá ser la definición del listado de equipamiento final de acuerdo al diseño. Si la selección de los equipos no se ajusta al presupuesto, se deberá retocar el diseño.

Los requisitos necesarios de los dispositivos router para su uso en zonas rurales son:

- *Bajo consumo.* El dimensionado de los paneles solares será proporcional al consumo energético de los diferentes componentes que conforman el router. En este sentido es importante que el *hardware* usado tenga un consumo reducido.
- *Bajo coste.* No se pueden implementar soluciones de un alto costo que no sean sostenibles a medio o largo plazo por las comunidades objetivo de estas redes.
- *Reducido tamaño.* De esta forma se asegura que el diseño final del router sea lo más compacto posible.
- *Robusto ante condiciones meteorológicas adversas.* Ya que el router se suele instalar en zonas de selva y alta montaña es necesario que tenga cierta robustez en cuanto a condiciones extremas de temperatura y humedad.
- *Tipo de procesador.* El router debe contar con un procesador lo suficientemente potente para poder realizar las diferentes tareas que se le exijan.
- *Número mínimo y tipos de interfaces inalámbricas.* Debido a que el router actúa como repetidor en diversos escenarios es recomendable que al menos cuente con 3 interfaces inalámbricas. Además, es necesario que estas interfaces sean de un tipo determinado (PCMCIA, CardBus, mini-PCI).
- *Resto de interfaces.* Además de las interfaces inalámbricas es necesario considerar otro tipo de interfaces. Entre otras las dos más importantes son: una interfaz serie a través de la cual poder acceder al router para labores de configuración y mantenimiento, y al menos una interfaz *Ethernet* para conectar otros dispositivos de red (por ejemplo un teléfono IP). También es recomendable la existencia de una interfaz *USB* que permita extensiones o conexiones futuras.
- *Rangos y tipos de alimentación.* Por razones de flexibilidad es recomendable que el router cuente con un rango variable de alimentación. Valores alrededor de 12V resultan ser muy útiles, ya que de esta forma se pueden alimentar de forma directa con el sistema de energía solar. También será más que recomendable que la placa seleccionada tenga la opción de poder ser alimentada a través de PoE (Power over Ethernet).
- *Disponibilidad de watchdog.* Se recomienda la existencia de un *watchdog hardware* que permita reiniciar la placa cuando ésta se bloquee.
- *Disponibilidad de compra en el medio/largo plazo.* Este requisito resulta especialmente importante, ya que es necesario asegurar de alguna manera que el *hardware* seleccionado va a seguir siendo distribuido en el medio y largo plazo. Es más que recomendable tener posibles alternativas localizadas en caso de que sea necesario llegar a usarlas.

En el Apéndice B se puede encontrar una selección del siguiente equipamiento que GTR ha empleado en alguno de los diseños:

- Single board computers (SBCs).
Son computadoras completas construidas en una sola tarjeta de circuito impreso (PCB, *printed circuit board*). Ellas incluyen microprocesador, memoria RAM, puertos de entrada y salida. No suelen incluir puertos para teclado y monitor, pues su fin no es trabajar como computadora de escritorio, sino servir para un propósito específico como puede ser un

dispositivo de telemetría o un router. Por este motivo también son llamadas “computadoras empotradas” ó “*embedded systems*”. Algunas incorporan un sistema operativo y otras poseen ranuras para insertar discos duros de estado sólido en formato SD (*Secure Digital*) o CF (*Compact Flash*).

- Tarjetas de red inalámbrica.

La elección de tarjetas Wi-Fi se basa en parámetros tales como la potencia de transmisión, sensibilidad de recepción, temperatura y humedad soportadas en operación, así como chipset incorporado. Esta última condición es importante, ya que es necesario disponer de soporte para un S.O. GNU/Linux para todos los modos (Master, Managed, Ad-hoc, Monitor) para poder construir puntos de acceso, puentes, repetidores y encaminadores.

- Pigtailes.

Los *pigtails* son cables coaxiales con conectores adecuados para las tarjetas de red inalámbricas.

- Antenas.

Las antenas son dispositivos pasivos que convierten la señal de radio frecuencia enviada por los cables coaxiales en ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio y viceversa.

4.1.1. Listado aproximado de elementos del subsistema de telecomunicación

- Router empleado en los repetidores troncales, en los repetidores locales y en los clientes finales.
- Computadora embebida para repetidores locales empleada como servidor de telefonía.
- Memoria empleada como disco duro en las computadoras embebidas.
- Tarjeta inalámbrica empleada en cada tipo de router.
- Antena empleada en los enlaces troncales.
- Antena empleada en los enlaces locales para enlazar a su troncal correspondiente.
- Antena empleada en los repetidores locales para enlazar con otros repetidores locales.
- Antena empleada en los repetidores locales para repartir la señal a las estaciones finales.
- Antena empleada en las estaciones finales.
- Filtros de señales en la banda de 5.8 o 2.4 GHz (para reducir interferencia).
- Pigtailes.
- Cable coaxial (para conexiones a las antenas).
- Adaptador telefónico que se empleará en el punto de acceso a la RTC para conectar las líneas telefónicas proporcionadas por la empresa telefónica.
- Adaptador telefónico para todos los puntos de instalación.
- Teléfono para todos los puntos de instalación.

4.2. Clasificación y procedimiento de las compras

Para la clasificación y procedimiento de las compras se distinguirá entre productos locales e importaciones, en función de la financiación.

4.2.1. Productos locales

Se evaluarán precios en la zona, aunque a veces el precio es muy elevado. También dependerá de los tiempos. Se deberá jugar con las variables tiempo y precios.

Por ejemplo, GTR suele comprar los materiales para la obra civil en una ciudad principal cercana a la zona de intervención. GTR suele comprar en Lima el material eléctrico y los equipos del sistema de protección eléctrica.

4.2.2. Importaciones

El equipamiento como las placas, los routers o las antenas, dependiendo del tipo, se podrán comprar localmente o se importarán. También depende de los montos porque si el despliegue es muy grande y los costos son más elevados se prefiere importar.

4.2.3. Razones de la elección

La elección dependerá en gran parte de los precios, pero también interesará incentivar a los proveedores locales, para que sigan trayendo materiales y sea más fácil conseguir repuestos.

También influye en la elección el tiempo que demoran las importaciones, ya que se pueden requerir permisos y estas empresas ya disponen de ellos.

4.3. Ejecución de las compras

Definido el diseño de la red y definido el equipamiento (características técnicas y comerciales para elegir un producto) se buscará generar la lista final de requerimiento indicando el equipo y las unidades necesarias.

En el proceso de compras, para definir la estrategia a seguir, se deberá buscar la línea crítica en función del costo de los equipos y el tiempo que reservar a la compra de cada equipo. Se deberá destinar más tiempo a los productos que representen un costo mayor en el presupuesto.

4.3.1. Cotización y evaluación de propuestas

GTR solicita tres cotizaciones para evaluar los precios y disponibilidad de los productos en el mercado local.

Se podrá trabajar con proveedores conocidos o se buscarán nuevos en Internet o en las páginas amarillas. Se podrá contactar mediante correo electrónico o por teléfono. Se preguntará por la disposición de un determinado producto, si lo tienen, se solicitará que envíen las cotizaciones y en base a esto se hará el requerimiento.

Para la elección de una determinada propuesta primero tendrá que cumplir con las especificaciones técnicas que se han pedido, después se valorarán los costos y los tiempos de entrega. También se valorará que el proveedor sea confiable y que la empresa sea sólida y de prestigio. También se deberá requerir garantía del producto.

Algunas veces, como por ejemplo para los materiales de ferretería, GTR elige empresas pequeñas, que dan mejores precios ya que sólo se dedican a esos rubros y ya son conocidos.

4.3.2. Elaboración de órdenes de compra

Para los proyectos en los que se realiza la compra a través de ISF, GTR envía un correo a ISF indicando la compra a realizar, para ello se adjuntan tres cotizaciones y la explicación de la cotización ganadora.

Para los proyectos en los que se realiza la compra a través de Operaciones de la PUCP, se genera una solicitud a través del sistema intranet de la universidad.

En general, se deben evaluar las cotizaciones, se enviará la orden de compra y los proveedores entregarán en el tiempo establecido, que puede ser una semana o para importaciones puede demorar de 15 a 40 días, en función del producto.

4.3.3. Permisos y homologaciones

Se podrá requerir la solicitud de permisos para ingresar productos tales como antenas o equipos de comunicación como las tarjetas de radio, las placas, etc. En general para dispositivos que irradian una cierta energía al ser productos electromagnéticos, se deberá explicar qué es cada producto y se deberá cumplir con las normas del país.

Las computadoras normalmente no tendrán ningún problema, pero igualmente se enviarán las especificaciones técnicas del producto.

Esta aprobación podrá demorar de 15 a 20 días para la homologación. En la aduana permiten retirar el producto únicamente si está homologado.

4.3.4. Ejecución de las compras

Se deberá partir del listado de compras, indicando el equipo (marca y modelo) y las unidades necesarias.

Para la lista de compras se tendrá que tener en cuenta las especificaciones técnicas, las exigencias del financiador y las especificaciones nacionales.

Las compras se separarán en función del tipo de equipamiento, equipos de telecomunicación, equipos de energía, sistema de protección... y se separarán por lotes. Si se superara un cierto monto, se tendrá que licitar.

4.3.5. Recepción de las compras

El lugar de recepción de las compras dependerá del producto. Si se tratara de obra civil, se recibirá directamente en la zona de intervención. Los routers, las cajas, etc. se recibirán en el laboratorio, ya que habrá que configurar los equipos de comunicación, realizar las pruebas o acondicionar las cajas, para después enviarlas.

Desde la orden de compra hasta la recepción podrá demorar de un día a una semana o si se trata de un producto importado, hasta 40 días.

Durante esta fase se podrá comenzar con el envío de materiales.

4.3.6. Inventario

Se deberá realizar un inventario de todos equipos recibidos.

Los equipos que haya que manipular se llevarán al laboratorio. Los equipos que no necesitan manipulación se enviarán directamente a la zona de intervención, donde se guardarán en algún almacén. A veces se tendrá que almacenar en una ciudad principal cercana la zona de intervención.

Como documentación de esta fase, se encontrará la lista final de equipamiento, el inventario, las cotizaciones y determinados cuadros comparativos de varios proveedores.

5

SIMULACIÓN DE LA RED

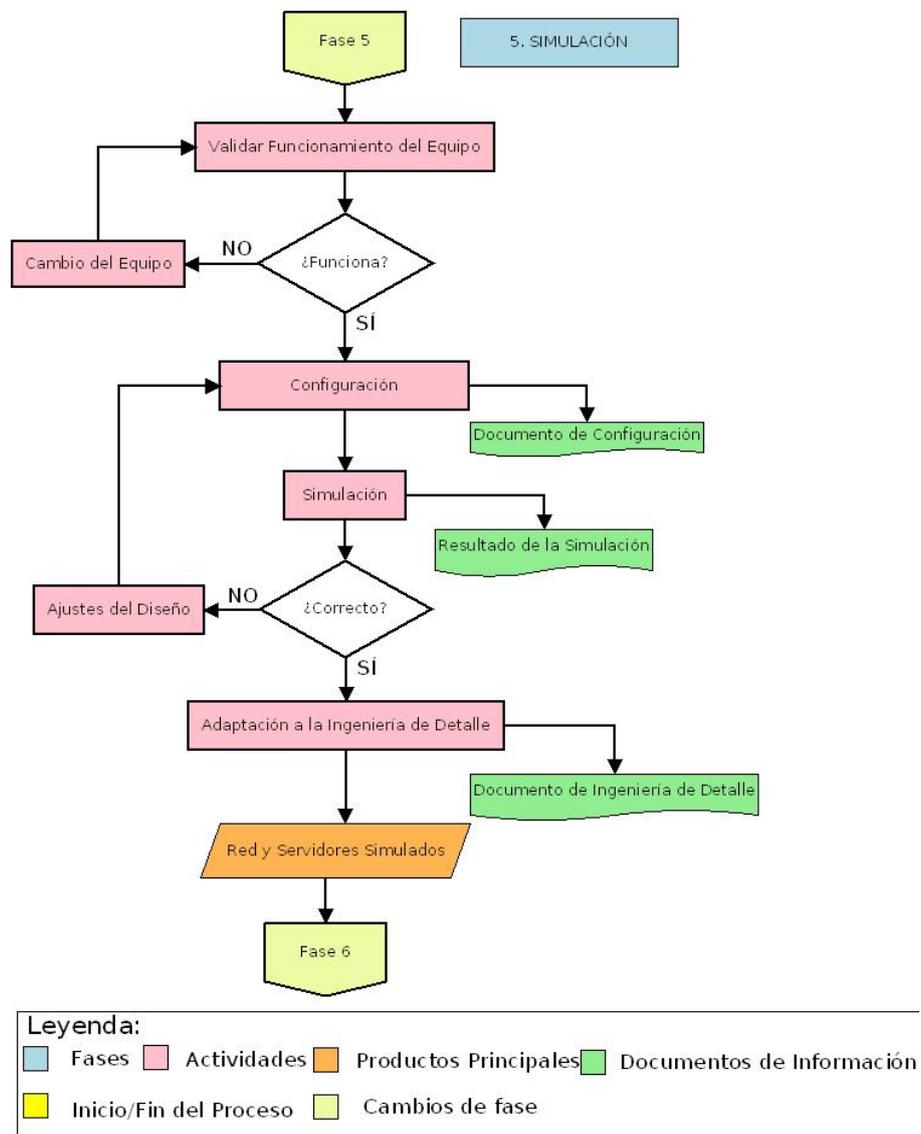


Figura 5.1: Gráfico Fase Simulación

5.1. Validación del funcionamiento de equipo

Esta fase se iniciará comprobando si el equipamiento recibido es el que se solicitó en la etapa de compras y su correcto funcionamiento.

5.2. Entrega de la configuración

Se deberá entregar la configuración de cada elemento del sistema de telecomunicaciones, como los enrutadores, los ATA, los servidores...

Se deberá configurar lo que se refiere al diseño de enrutamiento y los servicios. Generalmente, el direccionamiento IP, el enrutamiento, la calidad del servicio, la seguridad, la conexión a Internet y a la PSTN.

En el Apéndice E se define el sistema operativo empleado por GTR, VoyageGTR, y el software empleado para la red de VoIP, Asterisk.

- Ejemplo del plan de direccionamiento IP:

Esquema de la red con las direcciones IP y su topología.

Direcciones IP de las interfaces de la placa ALIX: ath0, ath1, eth0, eth1.

Direcciones IP de las interfaces de la placa MIKROTIK: wlan1, wlan2, wlan3, ethet1, ether2.

Direcciones IP de las interfaces del enrutador Linksys en los puntos cliente: br0, eth1, vlan1, ATA, PC.

Equipos inalámbricos que participan en cada uno de los enlaces de la red troncal: Nombre del enlace / Repetidor / Enrutador / Interfaz y Modo (AP/ST) / Tarjeta Inalámbrica / Modo inalámbrico. En cada enlace tiene que aparecer el repetidor AP y el repetidor ST.

Equipos inalámbricos que participan en cada uno de los enlaces de la red de distribución: Nombre del enlace / Estación / Enrutador / Interfaz y Modo(AP/ST) / Tarjeta Inalámbrica / Modo inalámbrico. En cada enlace tiene que aparecer el repetidor AP y la estación cliente ST.

Servidores Asterisk con su respectiva lista de clientes telefónicos: Servidor Asterisk / Ubicación / IP / Instalado en / Función / Enrutador / Número de Clientes / Nombre de Clientes.

Listado de los números de anexos de todos los terminales telefónicos: Número anexo / Ubicación / IP / Puerta de enlace / Servidor Asterisk / Modelo.

- Registro de los clientes en su respectivo servidor Asterisk - Telefonía.
Sabido el número total de servidores Asterisk en la red troncal, se podrá determinar el número de anexos a los que estos servidores controlan el tráfico telefónico. Una posibilidad será que las llamadas entre anexos no representen gasto alguno para los establecimientos

beneficiados pues serían totalmente gratuitas y se encontrarán disponibles las 24 horas del día, mientras que las llamadas realizadas fuera de la red sí se facturarían mediante el sistema prepago de la empresa contratada.

Después de la instalación de la línea telefónica para dar salida a los establecimientos hacia la red pública de telefonía (PSTN), se debe hacer el registro de los anexos en su respectivo servidor Asterisk. Un ejemplo del comando que se debería emplear para comprobar el estado de cada servidor Asterisk:

```
nombren2*CLI> sip show peers
  Name/username      Host    Dyn    Nat ACL    Port Status
      y/y            10.14.x.3    D      5060      OK (z ms)
n sip peers [n online, 0 offline]
```

x: depende de la dirección IP eth1 del Linksys

y: número de anexo del establecimiento al que sirven

z: tiempo requerido

n: número de pares SIP encontrados

5.3. Simulación

Se deberán simular todos los equipos del sistema de telecomunicaciones.

La duración aproximada de la fase de simulación es de un mes, en función del alcance del proyecto.

Como documentación se deberá entregar la prueba de simulación.

5.4. Ajustes del diseño

Si no se obtienen los resultados esperados se hace un ajuste del diseño para cumplir con un servicio.

5.5. Adaptación a la ingeniería de detalle

Esta actividad consiste en la adaptación de los alojamientos metálicos, la comprobación de que todo esté bien fijado y protegido contra la lluvia, etc.

Lo ideal es que se realice en el laboratorio ya que en el campo se trabaja de forma más extrema.

En este punto la red estará completamente diseñada.

6

INSTALACIÓN DE LA RED

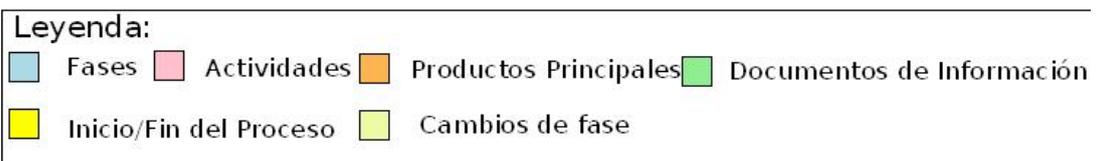
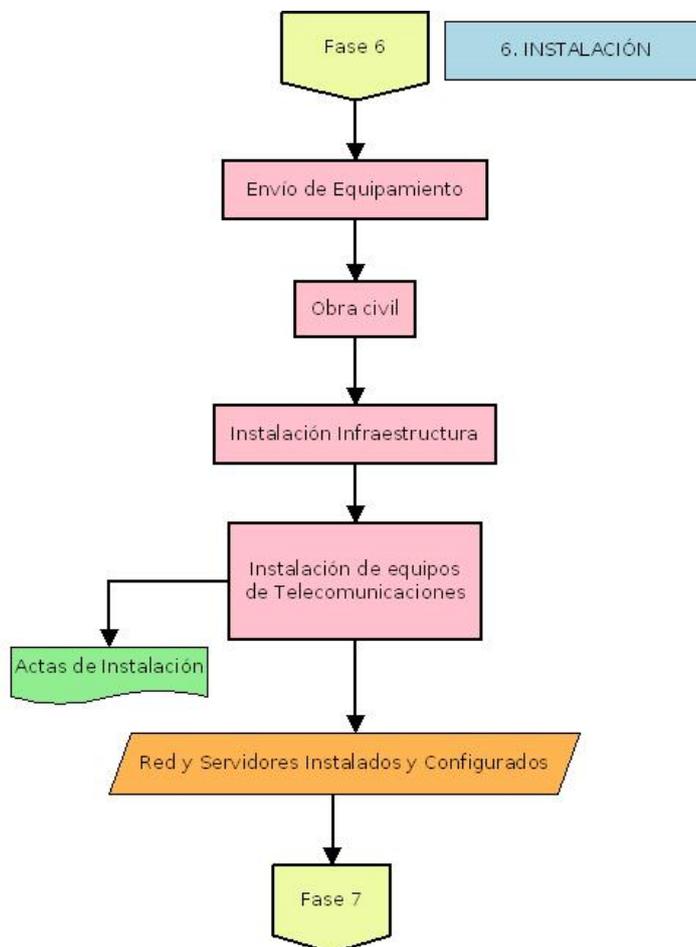


Figura 6.1: Gráfico Fase Instalación

6.1. Envío del equipamiento

Consiste en la preparación del equipo para ser enviado, el propio transporte y la planificación en sitio. El envío requerirá de un estudio de mercado para seleccionar el medio y el operador de transporte.

El envío consiste en que los productos lleguen a cada lugar específico. Resultará importante implementar una logística adecuada para que llegue cada equipo a su lugar, en el momento oportuno y definir la persona que lo recibe.

La instalación de cada etapa (obra civil, infraestructura, equipamiento) no comenzará hasta que no se disponga de todos los materiales para esa fase. Habrá que minimizar los tiempos en campo ya que son muy costosos y desgastan mucho a los instaladores. Si permanecen más de 20 días en campo, la probabilidad de que cometan errores en su trabajo será alta y si cometen errores, encontrar esos errores será muy difícil. Se deberá tratar de hacer el mayor trabajo de configuración en oficina, para que el esfuerzo en campo sea menor.

6.1.1. Selección del medio de transporte

Los criterios de selección del medio de transporte dependerán de la zona. En escenarios de selva, como el envío resulta costoso, primero se enviarán por tierra y después se enviarán por lancha, donde sea imposible el desplazamiento por carretera. Podrá demorar de tres a quince días el transporte. En el caso de la sierra será casi todo por tierra, demorará desde unos tres días hasta una semana.

Los equipos delicados se deberán enviar por avión hasta donde éstos tengan acceso.

Lo primero que se enviará será el material de obra civil, las torres y otros equipos robustos.

6.1.2. Selección del operador de transporte

Se enviará mediante empresas de transporte especializadas. Éstas deberán ofrecer la seguridad y la garantía de que el producto llegará en buenas condiciones a la zona.

6.2. Instalación

Se deberá realizar el menor trabajo posible en el campo. Para la obra civil se podrá utilizar obras prefabricadas. En la instalación de torres participará el personal más especializado, será conveniente que haya exceso de capacidad desde el punto de vista técnico para resolver los problemas contingentes que se den a cada momento. Por último, en la instalación de equipos, se requerirán varios grupos ejecutando trabajo simultáneo en varios puntos.

El instalador deberá disponer de la máxima información posible y de forma clara.

El tiempo necesario resulta difícil de definir. Se planificará este periodo por encima del tiempo medio y por debajo del tiempo máximo teórico.

6.2.1. Obra civil

Ésta se trata de la construcción de las casetas y de las bases para las torres.

Se podrán realizar los trabajos de forma secuencial, se construirán las bases de estación en estación y se regresará nuevamente al primer punto para el armado de torres.

En la primera pasada se trabajará el cavado de las bases para las torres, también se trabajará la base para el panel solar en el puesto y se colocarán parte de las cajas. Todo el trabajo mecánico se ejecutará en la primera pasada.

Luego se retornará al primer punto y se empezarán a levantar las torres, una vez levantada la torre, se instalarán los equipos. La siguiente tarea será el periodo de calibración, en el que se realizarán pruebas.

En la última pasada se hará la calibración final con dos o tres ingenieros, se dejará un periodo de pruebas donde saltarán pequeños detalles, hasta que todo quede operativo.

Los encargados de la obra civil se definirán en función del presupuesto. En función de los convenios, a veces se podrá solicitar colaboración al municipio y otras veces se contratará personal.

Esta tarea puede comenzar antes. En cuanto se tenga el diseño, en especial la altura final de las torres, se podrá empezar la construcción de bases.

El tiempo que durará la obra civil variará en función del personal, aproximadamente se emplearán unos diez días entre acabado, vaciado y montaje con ocho o diez personas. Si las torres fueran muy altas, como tienen que secar bien las bases, se dejará unos días de secado, avanzando al siguiente punto para hacer las bases. Si se tratara de una torre muy pequeña, se podrá vaciar un día y al día siguiente se podrá montar ya que no es mucho peso.

6.2.2. Instalación de la infraestructura

En la primera pasada se instalarán los pozos a tierra. En la segunda se llevará a cabo el armado y la preinstalación de equipos, como paneles y enrutadores, se tratará de realizar un enlace aunque no sea muy fino, que se mejorará en la última pasada.

Normalmente un grupo levantará la torre y el otro se encargará de la instalación de equipos dentro del cliente final.

Los tiempos dependerán del tamaño de la torre, las torres de 90 metros pueden montarse en cinco días, pero depende mucho del clima. Una torre de 60 metros se puede armar en dos días con la base ya hecha y con un equipo de doce personas.

El personal necesario será un torrero que dirija y el resto peones, que deberán tener experiencia en montaje.

6.2.3. Instalación de equipamiento

Las cajas que se instalarán en las torres se habrán acondicionado en el laboratorio.

Los equipos viajarán por separado ya que se tratará de equipos delicados. Cuando se reciban todos los materiales, se ensamblarán en la parte de abajo. Si fuera posible, se realizarán pruebas también abajo. Se probará, por ejemplo, que no haya problemas de conectividad entre los equipos. Una vez probado todo, se subirán los equipos a la torre. Primero la caja de enrutadores, luego la caja de baterías y luego los paneles solares con su soporte. Los paneles podrán instalarse empotrados en los techos o en las torres. Por último, se instalarán las antenas y los cables coaxiales y al final se harán todas las conexiones de energía, de paneles y de baterías.

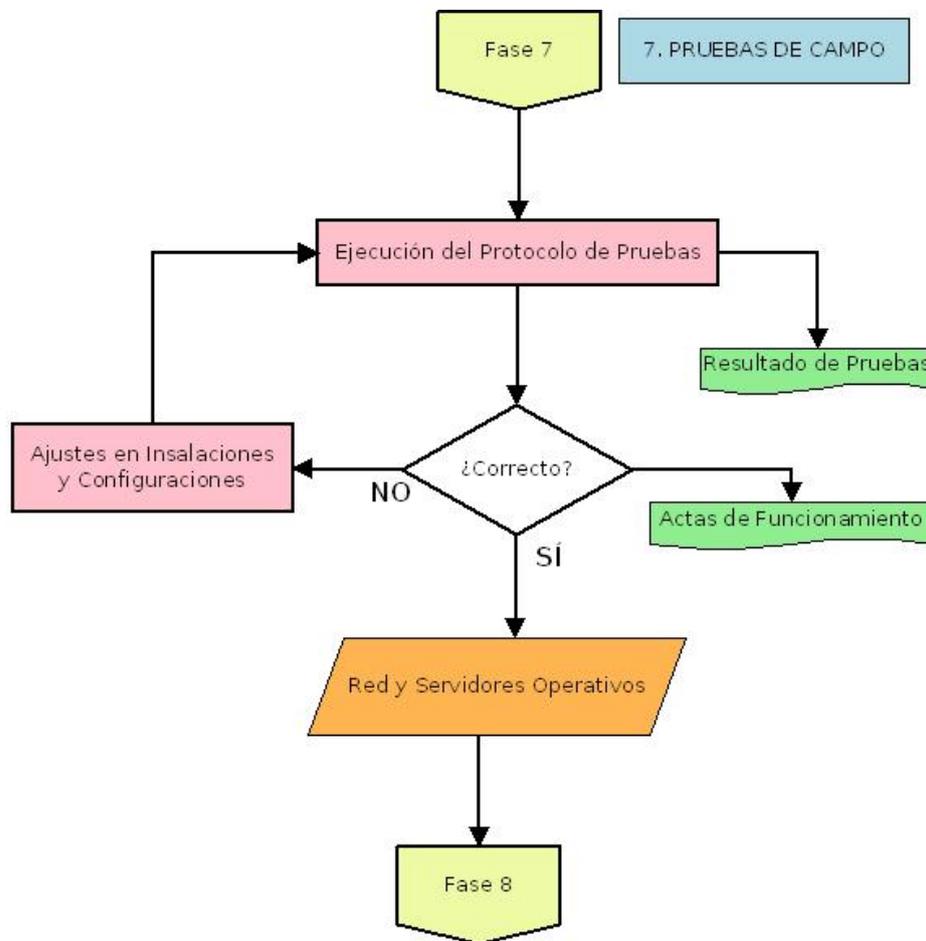
Los escenarios de selva y sierra se diferenciarán en que en los repetidores de la selva habrá más seguridad, ya que las instalaciones estarán cerca del poblado y los equipos estarán en la parte más alta. En el caso de la sierra, se instalará en zonas muy aisladas y poco accesibles, por lo que todos los equipos se meterán dentro de la caseta y los paneles estarán empotrados en los techos.

Se deberá contar con los planos de las bases, la lista de materiales y equipos que se van a instalar y todos los planos de instalación. También se deberá disponer de diagramas básicos.

Los documentos que se deberán recuperar firmados serán las actas de instalación de los equipos, donde se deberá reflejar todo lo que se está dejando instalado.

7

PRUEBAS DE CAMPO



Leyenda:

- Fases
- Actividades
- Productos Principales
- Documentos de Información
- Inicio/Fin del Proceso
- Cambios de fase

Figura 7.1: Gráfico Fase Pruebas de campo

7.1. Ejecución del protocolo de pruebas

El protocolo de pruebas se realizará en la fase de simulación. Durante la configuración de los equipos se determinarán las pruebas que se ejecutarán, primero en el laboratorio y luego las de campo. Se creará un documento con la configuración y las pruebas necesarias. Gracias a los cuadros y diagramas creados con las simulaciones y el direccionamiento IP, se llevará a cabo el protocolo de pruebas en campo.

Estas pruebas de campo se referirán a las realizadas sobre los equipos de telecomunicaciones, así como las pruebas de conectividad, energía, niveles de voltaje, etc.

Se deberá monitorizar el nivel de señal, el ancho de banda y el rendimiento, así como todos los servicios.

En función del tiempo del que se disponga, se realizarán las pruebas paso a paso o todas al final. La parte de computo se probará cuando se disponga de todos los equipos instalados. En el caso del enlace entre el punto cliente y la torre, se harán las pruebas desde el mismo computador del cliente. Entre torres se dispondrá de una computadora abajo de la torre monitorizando y otra persona en la torre buscando el mejor nivel de señal y en otra torre estarán leyendo los niveles de señal y luego se invertirán los papeles, hasta que se obtenga el nivel de señal óptimo. Resultaría ideal que trabajaran mínimo un ingeniero y un torrero, por un tema de comodidad y seguridad.

Antes de que finalización de la instalación se avanzarán pruebas locales, como hacer ping al repetidor local, y al final se realizará una prueba general de todo el comportamiento de la red. En la selva resultará complicado porque el desplazamiento es por río y es caro y difícil encontrar moviéndose. Esto se resolverá haciendo dos grupos para afinar el enlace y cuando se regrese se intentará corregir algún fallo que se pueda haber detectado. En el caso de la sierra, al ser más accesible y se podrán realizar más pruebas, resultará menos costoso, incluso será posible trabajar con más grupos para hacer más rápido la fase de las pruebas.

Una vez finalizada la instalación se deberá monitorear la red durante aproximadamente un mes, en este periodo se irán detectando incidencias ya que se observarán los periodos de cortes intermitentes. Sería recomendable que una vez instalada la red se instalara un servidor que monitoreara las 24 horas.

El momento en el que la probabilidad de fallo es mayor, resultará ser el inmediatamente posterior a la instalación. Después de un tiempo, el comportamiento de los equipos se estabilizará. En este periodo de pruebas de campo, a parte de las pruebas, se someterá el equipamiento a estrés para determinar los posibles motivos de fallo y poder solucionarlos. También será probable que aparezcan otros problemas en un periodo de tiempo mayor debido al deterioro y a lo agresivo del ambiente, por ello también se realizarán pruebas de campo cuando el sistema esté en producción.

En las pruebas de campo también deberían participar los usuarios para conseguir que se involucren, ya que es una forma de capacitarlos y formarlos.

Entre las pruebas que se realizarán se encuentran las siguientes:

1. Verificar los parámetros TCP/IP de cada interfaz de red.
2. Configurar las interfaces inalámbricas.

3. Configuración de la tarjeta inalámbrica.
4. Observar las potencias configurables en las tarjetas inalámbricas.
5. Verificación de las interfaces si están o no activas.
6. Habilitar servicios como ftp, ssh, telnet.
7. Verificar la seguridad wireless, su tipo y las claves.
8. Hacer un respaldo (backup) de la configuración.
9. Ping normal entre las interfaces del enlace.
10. Verificación de la tabla de rutas y la ruta de salida.
11. Ping a todas las interfaces de red.
12. Conectividad en una red troncal.

7.1.1. Pruebas de nivel de señal de los radioenlaces

Se comprobará el rango (dBm) de los niveles de señal en los enlaces de la red troncal. Estos valores deberán garantizar un buen funcionamiento en la transmisión de la información.

1. Escanear las redes inalámbricas desde un STA.
2. Observar los parámetros Wi-Fi como nivel de recepción, ruido, y la calidad del enlace desde un STA.
3. Ver la recepción de la señal desde un AP.
4. Cantidad de clientes conectados al AP.

7.1.2. Pruebas de ancho de banda

Se determinará, según el ancho de banda (Mbits/sec) de las transmisiones, si son positivos los resultados de las pruebas en los enlaces troncales y si se garantiza buena transmisión de voz y datos en los enlaces de distribución.

En los Apéndices C y D se pueden encontrar los comandos para la realización de las pruebas de campo en placas ALIX y MIKROTIK, que son las que se han empleado en GTR.

7.2. Ajustes en instalaciones o configuraciones

Las pruebas en laboratorio suelen ser ideales y será posible que haya que realizar ajustes en las instalaciones o en las configuraciones de algún elemento de la red.

Los ajustes más comunes se referirán a cambios de la antena o el pigtail, ajustes de la polaridad de la antena, ajustes de las borneras, ajustes de los pernos de fijación de las antenas, solucionar filtraciones de agua en los cables coaxiales y en los empalmes, solucionar problemas de aislamiento de antenas...

No deberían existir ajustes en la configuración, si los hubiera deberían ser mínimos en cualquier servicio. Los ajustes de distancias y de potencias se desarrollarán en la etapa de

calibración. Al final se podrá aumentar la potencia, por ejemplo si el enlace trabajara bien a 16 dB, pero con lluvia se perdiera la señal, se preferirá subir la potencia a 20 dB.

La documentación producida en esta fase serán los resultados de las pruebas de funcionamiento de la red. Si se realizaran modificaciones se deberán registrar y cambiar el documento que se generó en el laboratorio. También se crearán documentos de monitoreo. Al término de esta etapa se firmarán las actas de funcionamiento.

8

CAPACITACIÓN

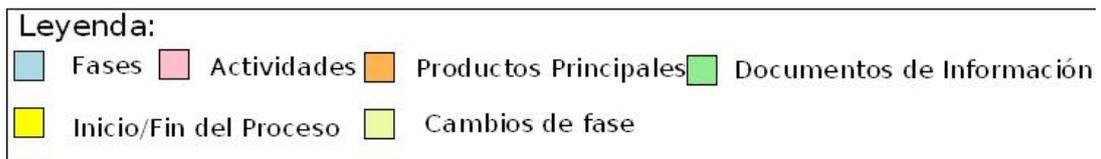
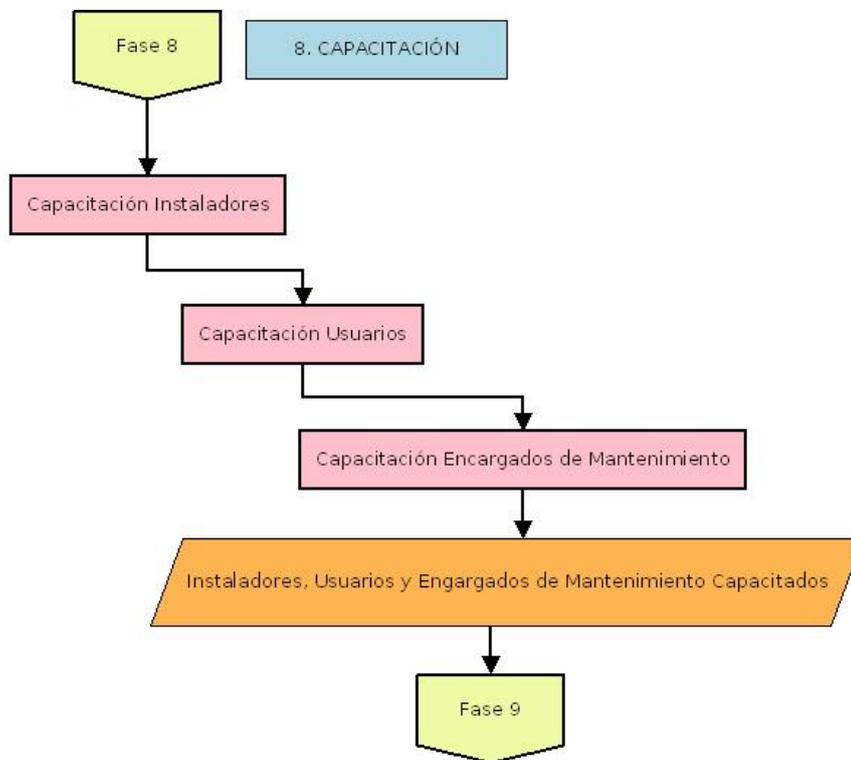


Figura 8.1: Gráfico Fase Capacitación

8.1. Introducción de la fase de capacitación

La fase de formación o capacitación deberá ser un proceso continuo, los usuarios deberán continuar ese proceso con determinadas metodologías que se les proponga. Dentro de los planes, se establecerán cursos específicos de capacitación, presenciales o virtuales. Las actividades definidas dentro de los planes deberán ser implementadas por los beneficiarios durante la ejecución del proyecto y mantenidas después de la entrega.

Se valorarán dos mecanismos para la capacitación para el mantenimiento, una opción consistirá dar la mínima información para que los encargados de mantenimiento sean capaces de resolver los problemas puntuales y otra opción será dar la máxima información. La decisión del tipo de capacitación se deberá tomar en función del perfil del personal de mantenimiento y de la infraestructura y soporte.

Si se elige dar la mínima información, se logrará el aprendizaje de ciertas competencias para detectar y solucionar ciertas dificultades, el problema se dará cuando se presenten cuestiones más específicas. También se correrá el riesgo de que los temas obvios no se solucionen de una forma fácil sino de una manera compleja. Si se ofrece poca información, las personas encargadas construirán la información que les falta y existirá la posibilidad de que ese proceso constructivo no tenga una base de ingeniería, que sea ensayo-error.

La mejor opción, según la experiencia de GTR, será dar mucha información, ya que nos estamos refiriendo a zonas aisladas, con poco acceso a la información. Este mecanismo, desde el punto de vista pedagógico, podrá parecer incorrecto.

Un gran problema cuando se trabaja en zonas rurales, es pensar que la capacidad es poca en temas técnicos. En muchos casos existen problemas de lectura-escritura y problemas con el lenguaje, pero se deberá tener claro que son personas inteligentes. Por lo que se deberán dar las herramientas para que puedan construir un conocimiento correcto.

Lo primero que se deberá enseñar es la ley de Ohm, para que sean capaces de poner dos focos en paralelo, por ejemplo.

Otro gran reto consistirá en lograr una mecánica para detección de fallos, lo que suele ser algo muy difícil. Se deberá tratar de enseñar a ser metódicos, que puedan evaluar todas las partes de una manera sistemática. Un técnico de mantenimiento deberá adquirir la capacidad de detectar fallos y su motivo intrínseco, deberá ser capaz de encontrar la raíz del problema.

Para la elección de los encargados de mantenimiento se buscará personal que ya posea capacidad de análisis de los problemas, aunque no necesariamente tenga conocimientos de la tecnología. En este caso, el GTR se encarga de formar para la adquisición de las capacidades técnicas.

En la medida de lo posible, resultará positivo lograr capacidades locales. En las instalaciones por ejemplo, se podrá capacitar a empresas locales y reutilizar esa capacidad en el mantenimiento, promoviendo el desarrollo local.

Se generará gran cantidad de documentación en esta fase. Existirá un plan de formación continua y planes de capacitación específicos, básicamente mediante cursos presenciales. Se generarán documentos con los contenidos de estos cursos, manuales de ofimática, manuales de operación, manuales de mantenimiento, manuales específicos para instaladores, etc. Para cada

curso se generarán encuestas, tests, evaluaciones, fichas de inscripción, guías docentes, etc.

8.2. Capacitación de los instaladores

En los proyectos en los que exista la necesidad de capacitar instaladores, la formación se deberá llevar a cabo antes de las instalaciones. El número de personal a capacitar será la diferencia entre los recursos humanos necesarios, en función de la magnitud del proyecto, y los recursos humanos ya destinados a la etapa de instalación.

Será positivo elegir personal local de la propia institución beneficiaria que estén presentes durante la instalación, con el fin de que en el momento de la capacitación para el mantenimiento, posean conocimientos y se formen mejor y más rápido.

El proceso de capacitación de los instaladores será muy específico, deberá estar muy acotada la actividad a desarrollar.

8.3. Capacitación de los usuarios

Lo ideal es que esta capacitación se desarrolle inmediatamente antes e inmediatamente después de las instalaciones y, en función de los fondos, uno o más refuerzos. En los proyectos donde no es posible realizar toda esta cadena, se optará por hacer capacitaciones concentradas inmediatamente después de las instalaciones, para que puedan usar los equipos ya instalados, pero que estos equipos no funcionen con usuarios no capacitados. Será conveniente hacer un refuerzo posterior, ya que podrán saltar dudas, al cabo de pocos meses, que se podrán resolver para mejorar su aprendizaje. Será positivo implementar herramientas virtuales de aprendizaje (información, contenidos, cursos...) para continuar ofreciendo asesoría a distancia.

La elección del personal que será capacitado dependerá en gran medida de los beneficiarios. Se solicitarán listas de personas a formar, indicando los requerimientos mínimos de dedicación que deben cumplir. Las personas que serán capacitadas se deberán encontrar entre las que vayan a usar los sistemas instalados.

Se considera que son indispensables los cursos concentrados. Las capacitaciones en sitio no son tan efectivas ya que, al estar la persona en su lugar de trabajo, tiene muchas distracciones por sus obligaciones y no es fácil obtener de él tiempo ni atención permanente. Estos cursos concentrados se realizarán por grupos, ya que podrán interactuar entre los futuros usuarios, dándose soporte mutuamente. Los grupos tendrán que ser homogéneos de acuerdo al conocimiento que ya posean. Cuando el grupo a capacitar sea muy pequeño, a veces se deberá manejar un curso más flexible, con varios tutores a diferente ritmo.

La formación de los usuarios tendrá como objetivo principal el uso de los recursos y herramientas tecnológicas que se instalan, para que los usuarios sean más eficientes en las actividades que normalmente desempeñan. También se podrá buscar fines de crecimiento personal y profesional con el uso de las nuevas herramientas instaladas.

A los usuarios de los sistemas se les brindará una pequeña formación en temas técnicos para que sean capaces de reportar fallas correctamente y de realizar un mantenimiento preventivo mínimo. De acuerdo a la política de mantenimiento, se ofrecerán guías con información de

actuaciones ante problemas y de actuaciones para realizar un mantenimiento preventivo básico de los sistemas.

8.4. Capacitación de los encargados del mantenimiento

Las capacitaciones de los encargados de mantenimiento se realizarán también en un periodo posterior a la instalación, primero porque ya estará disponible el personal técnico que desarrollará las capacitaciones y segundo porque se podrán hacer pruebas sobre la red instalada. El perfil de los encargados de mantenimiento será diferente que el de los usuarios. Antes de las instalaciones se identificará quiénes potencialmente podrán asumir esa responsabilidad. En función de la complejidad de las tareas que vayan a desempeñar, la capacitación será más o menos profunda.

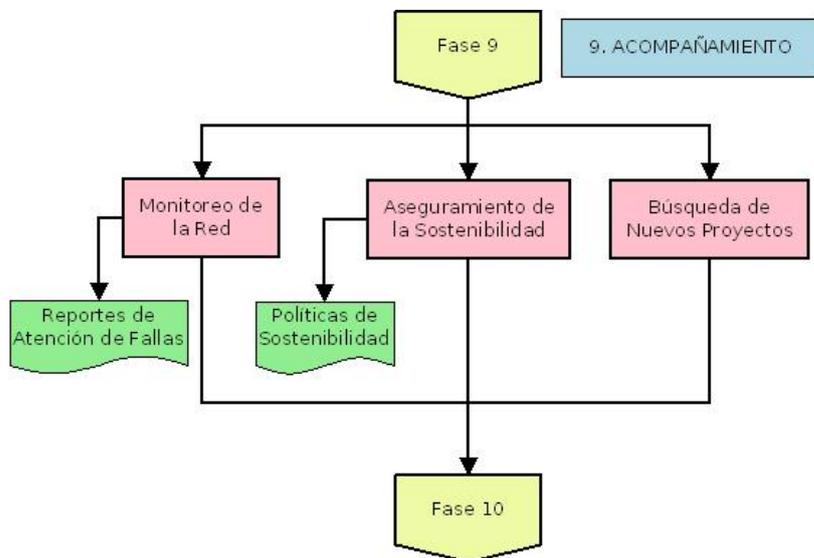
La elección del personal a capacitar se realizará en coordinación con las entidades beneficiarias, en función del perfil deseado y de la voluntad de colaboración.

La capacitación de los encargados de mantenimiento, igual que la capacitación de usuarios, se desarrollará por grupos diferenciados, por zonas y por niveles. Se ejecutarán cursos presenciales, procurando que los cursos sean eminentemente prácticos. Lo ideal es que los cursos sean tutorizados por los técnicos que hayan instalado o diseñado las redes.

En función de cómo se haya concebido la intervención, en algunos casos los beneficiarios asumirán todo el mantenimiento, en otros casos se delegará a terceros y en otros casos se planteará algún tipo de convenio con otra institución que pueda asumirlo. Se formará a los encargados de mantenimiento para que obtengan el conocimiento suficiente para supervisar las actividades de mantenimiento, gestionarlas a nivel administrativo y solucionar problemas sencillos. Las actuaciones más especializadas deberán ser ejecutadas por personal profesional.

9

ACOMPAÑAMIENTO



Leyenda:

- Fases
- Actividades
- Productos Principales
- Documentos de Información
- Inicio/Fin del Proceso
- Cambios de fase

Figura 9.1: Gráfico Fase Acompañamiento

9.1. Monitoreo de red y mantenimiento temporal

Antes de la entrega, se llevará a cabo un mantenimiento preventivo mediante monitoreo de la red y un mantenimiento correctivo de las fallas que se puedan encontrar.

Si es posible, se monitorearán las redes de forma remota durante el periodo de acompañamiento, este periodo no siempre se ajusta al proyecto. Existirán casos en los que sean necesarios proyectos sucesivos hasta realizar la transferencia tecnológica y de conocimientos.

Se deberá brindar mantenimiento correctivo hasta que se realice la entrega. Aunque generalmente no se financia dentro de los proyectos, se podrá enmarcar, por ejemplo, dentro de los trabajos pendientes. En las actuaciones de mantenimiento preventivo participarán las personas que estén capacitadas en mantenimiento para aumentar su experiencia.

Como documentación generada existirán reportes de atención de fallas.

9.2. Aseguramiento de la sostenibilidad de la red

Se tendrán que valorar dos aspectos para asegurar la sostenibilidad, el aspecto operativo técnico y el aspecto administrativo.

En el aspecto administrativo, algunas organizaciones ya poseen procedimientos internos y se deberán respetar, pero otras no tienen establecidas unas normas por lo que se tendrán que definir políticas con más detalle. Lo que se deberá definir o proponer es la forma exacta de gestionar los nuevos equipos y servicios. También se definirán las responsabilidades de cada tarea. Toda actividad o función de mantenimiento debe tener responsables, con el fin de asegurar que se cumpla y se supervise.

Desde el punto de vista técnico, se deberá entregar toda la información en los manuales técnicos. Además, en los planes operativos de mantenimiento deberán aparecer procedimientos técnicos para garantizar monitoreo, prevención de fallas, registros, estadísticas, etc.

Se crearán políticas de sostenibilidad de la red que formarán parte de los documentos de esta fase.

9.3. Búsqueda de nuevos proyectos

Se buscarán nuevos proyectos para asegurar la sostenibilidad en forma integral. Se distinguirán varios ámbitos cuando se habla de sostenibilidad. Uno de ellos es el ámbito económico. Otro es el ámbito tecnológico, relacionado con el grado de transferencia de conocimientos que se ha logrado o es posible lograr. Otro es el ámbito social-organizativo, referido al nivel de organización de la institución. También existe un ámbito político, en relación a las políticas de la institución que marcarán el cumplimiento del mantenimiento.

Los proyectos organizarán el ámbito económico, el tecnológico y el social-organizativo. El ámbito político es muy complicado y no será el fin principal de los proyectos.

10

MANTENIMIENTO

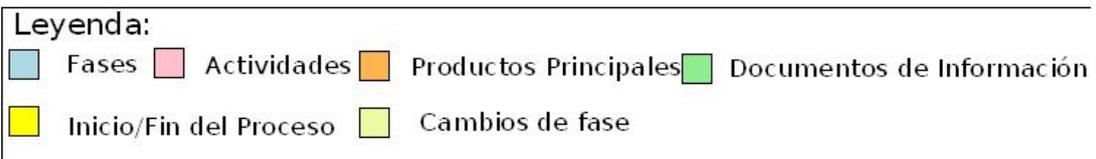
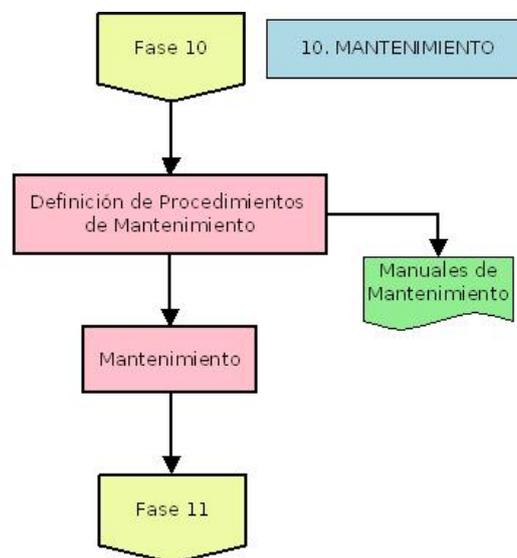


Figura 10.1: Gráfico Fase Mantenimiento

10.1. Definición de políticas y procedimientos de mantenimiento

Para garantizar la sostenibilidad del equipamiento instalado se debe considerar una adecuada operación, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

En la parte de operación, se habrá capacitado al usuario para mantener los sistemas, estableciéndose políticas fáciles de seguir. Para ello, se procurará que el mantenimiento quede insertado en la estructura de la organización beneficiaria, mediante directivas desde la propia institución, que sienta las instalaciones como parte de su infraestructura y que las obligaciones que acarrea la red sean parte de sus funciones.

Se deberán entregar las normas básicas de uso en un conjunto de documentos de lo que concierne a la operación, al mantenimiento preventivo y al correctivo. Se trabajará mediante propuestas, interactuando con los beneficiarios, para aprobar políticas que deberán agregarse al resto de normas que tiene la organización.

Si se implementaran las políticas de mantenimiento antes de las instalaciones, los beneficiarios no podrían comprobar el valor real de lo que se está instalando y el beneficio de los servicios de los que van a disponer. Después o durante el proceso de instalación será más fácil tener un compromiso, ya que se darán cuenta de la importancia de los servicios que están obteniendo.

En los manuales de mantenimiento se entregarán procedimientos de atención de incidencias, también se incluirán casos típicos de fallas y su solución. Se establecerán algunos formatos de mantenimiento correctivo para que se registre la información de forma adecuada.

10.2. Mantenimiento necesario mediante coordinación con los beneficiarios

El objetivo del mantenimiento preventivo será tratar de mantener los equipos en buen estado, previniendo las fallas. La periodicidad de las actividades específicas depende de la tecnología que se haya instalado, del lugar donde se instale y de la organización beneficiaria. Debe haber visitas periódicas a cada lugar donde está instalado un sistema para el mantenimiento preventivo.

Una estimación de la periodicidad de las visitas podría ser de al menos dos veces al año. El mantenimiento preventivo que harán los propios usuarios, como limpiar sus ordenadores o teléfonos, se englobará en las normas de operación. Se desarrollará un conjunto de políticas dirigidas a los usuarios y otro conjunto de normas dirigidas a los técnicos de mantenimiento. También se deberán entregar mecanismos que indiquen cómo se va a almacenar y gestionar la información.

Esas visitas las realizará personal capacitado propio o tercero, cumpliendo de forma ordenada una serie determinada de tareas. Estas actividades concretas se cuantificarán en horas/hombre, para definir el costo asociado y la programación temporal.

El coste que tendrá el mantenimiento dependerá de la realidad de la zona, de la tecnología instalada y de los servicios implementados. Será conveniente presentar presupuestos estimados, valorando el peor caso.

11

ENTREGA

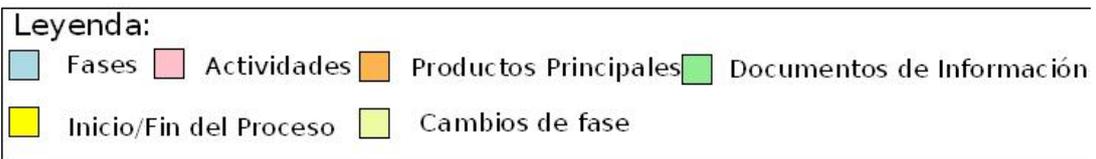
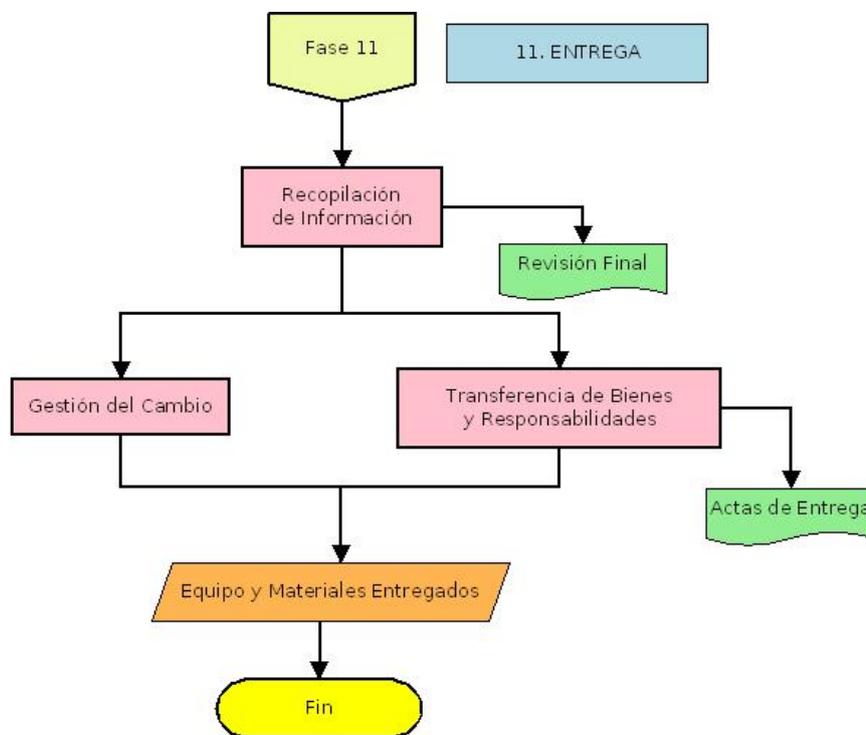


Figura 11.1: Gráfico Fase Entrega

11.1. Recopilación de información

La información que se deberá recopilar en la entrega depende del tipo de institución a la que se está beneficiando con el proyecto. Existen instituciones con las que se deberá ser más riguroso, por lo que se desarrollarán inventarios detallados del equipamiento instalado, de su ubicación, del costo, incluyendo comprobantes de compra, etc. para que acepten cada equipo como propio. También se ofrecerá información sobre la red, la tecnología y los servicios implementados. Se deberá garantizar la sostenibilidad para que se pueda aceptar la donación.

11.2. Transferencia de bienes y responsabilidades

La transferencia de bienes es un proceso en el que se presenta la solicitud de donación, con toda la información requerida, a las instituciones beneficiarias para que la estudien y la acepten. Es posible que soliciten modificaciones y requieran de diversas consultas. Al final de este proceso, se emitirán resoluciones de aceptación de la donación para que pase a formar parte de los inventarios de la institución. La transferencia de bienes puede no coincidir con la transferencia tecnológica total y con la implementación de las políticas de mantenimiento, pueden estar desfasadas.

11.3. Gestión del cambio en la institución beneficiaria

La gestión del cambio puede realizarse en varios frentes. Un frente referido a la gestión del cambio personal mediante la capacitación, la modificación de actitudes, el añadir conocimientos, actividades, funciones y responsabilidades. También se debe facilitar el cambio en la forma de hacer las cosas, ofrecer el conocimiento del uso de las herramientas para mejorar los procesos, las funciones y las actividades que desarrollan. A nivel de institución también existirá gestión del cambio, mediante las correcciones necesarias para asegurar la sostenibilidad de las redes.

Conclusiones

Definir de forma general las fases de las que se conforma un proyecto es posible. Si se quiere particularizar cada una de estas etapas para un proyecto determinado se deberán tener en cuenta múltiples factores:

- El alcance del proyecto, en función de la extensión la red, el número de nodos y los servicios ofrecidos.
- La realidad de la zona, dependerá del clima, la estación en la que se desarrolle el proyecto, la orografía, etc.
- La normativa vigente en el país, por ejemplo, se podrán diferenciar las bandas libres del espectro de frecuencias entre países.
- El momento social y político del país.
- Las restricciones económicas, que en estos proyectos en países en desarrollo puede ser el mayor limitante.

Glosario de acrónimos

- **AC**: Alternating Current
- **AMD**: Advanced Micro Devices
- **AP**: Access Point
- **ApD**: Asociación para el Desarrollo
- **API**: Application Program Interface
- **ATA**: Analog Telephone Adapter
- **CF**: Compact Flash
- **CLI**: Command Line Interface
- **CPU**: Central Processing Unit
- **DC**: Direct Current
- **DHCP**: Dynamic Host Configuration Protocol
- **DNS**: Domain Name Server
- **E**: East
- **FPU**: Floating Point Unit
- **FTP**: File Transfer Protocol
- **FXO**: Foreign eXchange Office
- **FXS**: Foreign eXchange Subscriber
- **GPS**: Global Positioning System
- **GTR**: Grupo de Telecomunicaciones Rurales
- **HW**: HardWare
- **IP**: Internet Protocol
- **ISF**: Ingeniería Sin Fronteras
- **IVR**: Interactive Voice Response
- **LAN**: Local Area Network
- **MAC**: Media Access Control
- **MTU**: Maximum Transfer Unit
- **N**: North
- **NASA**: National Aeronautics and Space Administration

- **NAT**: Network Address Translation
- **ONG-ApD**: Organización No Gubernamental - Asociación para el Desarrollo
- **OSPF**: Open Shortest Path First
- **PBX**: Private Branch eXchange
- **PCB**: Printed Circuit Board
- **PCMCIA**: Personal Computer Memory Card International Association
- **PC**: Personal Computer
- **PCI**: Peripheral Component Interconnect
- **PIRE**: Potencia Isótropa Radiada Equivalente
- **PoE**: Power over Ethernet
- **PSTN**: Public Switched Telephone Network
- **ptp**: point-to-point
- **ptmp**: point-to-multipoint
- **PUCP**: Pontificia Universidad Católica del Perú
- **QoS**: Quality of Service
- **RAM**: Random Access Memory
- **RDSI**: Red Digital de Servicios Integrados
- **RTC**: Red Telefónica Conmutada
- **S**: South
- **SBC**: Single Board Computer
- **SD**: Secure Digital
- **SIP**: Session Initiation Protocol
- **SRTM**: Shuttle Terrain Radar Mapping Mission
- **SSH**: Secure Shell
- **STA**: STAtion
- **S.O.**: Sistema Operativo
- **SW**: SoftWare
- **TCP**: Transmission Control Protocol
- **TELNET**: TELecommunication NETwork
- **TIC**: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
- **TTL**: Time To Live
- **UDP**: User Datagram Protocol
- **UPS**: Uninterruptible Power Supply

- **USB**: Universal Serial Bus
- **VoIP**: Voice over Internet Protocol
- **W**: West
- **WEP**: Wired Equivalent Privacy
- **WPA-PSK**: Wireless Protected Access-PreShared key

Bibliografía

- [1] WDNW, “Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo”, Hacker Friendly LLC, 2008
- [2] GTR-PUCP, “Redes Inalámbricas para Zonas Rurales”, GTR-PUCP, Primera Edición, 2008
- [3] GTR-PUCP, “WiLD: WiFi Based Long Distance”, GTR-PUCP, Primera Edición, 2009
- [4] WILAC, “Tricalar”, 2007
- [5] CÓRDOVA César, “Criterios de Diseño de la Red Willay - Cusco”, GTR-PUCP, Marzo 2008
- [6] ISF, “Diagnóstico de Necesidades de Información y Comunicación Acomayo - Cusco”, ISF, Agosto 2009
- [7] CÓRDOVA César, PACO Juan, “Estudio de Campo y Coordinación Inicial con los Actores Locales para el Diseño Participativo de la Red Willay - Cusco”, GTR-PUCP, Noviembre 2007
- [8] CÓRDOVA César, PACO Juan, “Metodología para el Diseño Participativo de la Red Willay - Cusco”, GTR-PUCP, Noviembre 2007
- [9] GTR-PUCP, “Informe de la Red Willay - Cusco”, GTR-PUCP, Mayo 2009
- [10] GTR-PUCP, “Diseño de la Red Willay - Cusco”, GTR-PUCP, Mayo 2008
- [11] GTR-PUCP, ISF, ITDG, “Talleres de Devolución de Diagnóstico y Propuesta de Red - Cusco”, ISF, Abril 2008
- [12] GTR-PUCP, ISF, ITDG, “Informe Taller de Devolución de Diagnóstico y Diseño Participativo de Red de Acomayo - Cusco”, GTR-PUCP, ISF, ITDG, Septiembre 2009
- [13] GTR-PUCP, “Propuesta Técnica - Napo 2008”, GTR-PUCP, Abril 2008
- [14] LIÑÁN Leopoldo, “Informe de Estudio de Campo - Napo”, GTR-PUCP, Abril 2008
- [15] LIÑÁN Leopoldo, “Informe Viaje de Coordinación con Autoridades Locales y Compra de Materiales en la ciudad de Iquitos”, GTR-PUCP, Julio 2008

[16] GTR-PUCP, “Propuesta Técnica - Napo 2009”, GTR-PUCP, Junio 2009



Manual de Radio Mobile

Radio Mobile permite la simulación de enlaces de radio y representar el área de cobertura. Es de distribución libre. Utiliza el modelo Longle-Rice para cálculos de propagación.

Los mapas de elevación del terreno se descargan gratuitamente de Internet para crear vistas estereoscópicas, en 3-D, animaciones, fusionado de imágenes, etc.

En nuestro caso, obtenemos los datos de elevación de un proyecto de la NASA *Shuttle Terrain Radar Mapping Misión (SRTM)*.

El presente documento está dividido en los diferentes pasos importantes para el diseño de radio enlaces. Cada sección se ha subdividido en una parte teórica y en una parte práctica, incluyendo un ejemplo.

Se han seguido los criterios empleados por GTR-PUCP para tecnología Wi-Fi, descritos la parte práctica.

A.1. Instalación

En el sitio web <http://www.cplus.org/rmw/english1.htm> se accede a la opción *Download...* y se siguen los siguientes pasos:

1. Descargar e instalar Visual Basic Runtime (Service pack 6) *File_vbrun60sp6.exe* de Microsoft. Es posible que se requiera reiniciar el PC.
2. Crear un directorio de programa para colocar los contenidos de los siguientes ficheros.
3. Descargar, descomprimir e instalar de *rmwcore.zip* y *rmwupdate.zip*.
4. Descargar y descomprimir *rmw1015spa.zip* para el idioma español.
5. Crear una estructura de directorios de datos.
6. Para habilitar la descarga de mapas de Internet se debe editar el *fichero Map_Link.txt* con Notepad y borrar los apóstrofes de las primeras líneas.

7. Para obtener un mapamundi con definición SRTM, extraer *File_wmap.zip* en el directorio del programa.
8. Asegurarse de que no existan otras instancias de *Rmwdllx32.dll* en su sistema. Si quiere emplazar el programa en más de una ubicación, debe poner *Rmwdllx32.dll* (y otras dlls) en C:\Windows\system32.

A.2. Inicio

Unidades (*Units*): emplazamientos con posición geográfica de la red entre los que se establecen enlaces.

Enlaces (*Networks*): Grupo de unidades y enlaces entre ellas.

Sistema (*System*): Conjunto de características de los equipos a emplear.

Práctica:

File > New networks.

1. Aparece la ventana *New Net initialization*. Debemos introducir el número aproximado de enlaces, unidades y sistemas que vamos a necesitar. Podemos utilizar la cantidad por defecto (25 enlaces, 50 unidades y 25 sistemas) pulsando *Default*.
2. Nos da una estimación de la memoria requerida.
3. Con el botón *Use map* se cargarán las coordenadas del anterior mapa con el que se ha trabajado.
4. Seleccionar *OK*.
Ver figura A.1.

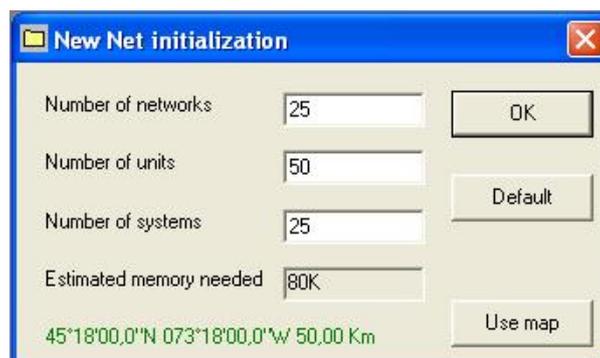


Figura A.1: File > New networks.

File > Open network.

1. Aparece la ventana Open Networks donde seleccionaremos en fichero *.net con el que queremos trabajar.
2. Aceptamos.

A.3. Mapas

Para acceder a la ventana de configuración de mapas es necesario seleccionar la opción *Map Properties* del menú *File*.

La primera sección (*Centre*) determina el centro del mapa que vamos a cargar.

Se indican las coordenadas empleando la expresión de grados sexagesimales y empleando el sistema QRA Locator, donde el primer par de letras son la longitud cada 20 grados y la latitud cada 10 grados, respectivamente, el par de números dividen las cuadrículas anteriores en 100 cuadrículas (10x10), el último par de letras dividen las cuadrículas en 276 cuadrículas (24x24) más pequeñas.

Para introducir las coordenadas del centro del mapa deseado se debe seleccionar uno de los siguientes métodos:

- Introducir la latitud y la longitud mediante la expresión de grados decimales.
- Usar la posición del cursor mediante *Use cursor position*.
- Ubicar la zona con el mapamundi con el botón *World Map*.
- Si se conoce o si está incluida en la lista la ciudad bajo estudio, se puede utilizar *Select a City Name*.
- Introducir manualmente las coordenadas mediante la expresión en grados sexagesimales, incluyendo los botones para latitud norte o sur (*N/S*) y este u oeste (*E/W*), decimales y empleando el sistema QRA Locator.
- La última opción es la de seleccionar como centro del mapa una unidad de las cargadas que aparecen en la lista desplegable.

La siguiente sección se refiere a algunas utilidades para mapas:

- Ajustar las elevaciones de las unidades al nuevo mapa mediante *Adjust units elevations*.
- Para superponer diferentes imágenes de mapas se debe seleccionar la opción *Merge pictures*.
- Para forzar a que la imagen se represente en escala de grises se emplea *Force gray scale*.

Se selecciona el tamaño del mapa gracias a los dos módulos siguientes:

- El primero (*Size (pixel)*) se refiere la resolución del ancho (*Width*) y alto (*Height*) del mapa en número de píxeles.
- Se emplea *Size (km)* para introducir el alto (*Height*) en kilómetros, el ancho (*Width*) se ajusta de forma automática en función de la proporción del tamaño en píxeles.

La última sección de la columna central es la de *Elevation data source*, se refiere a las opciones para elegir las fuentes de donde se descargan los mapas.

- Para seleccionar el modelo digital del terreno se emplea el primer menú desplegable. Dicho menú tiene las opciones de *SRTM*, *DTED*, *GTOPO30*, *GLOBE* y *BIL* dependiendo del espaciado entre muestras.

- *Driver or path* se refiere a dónde se encuentran los mapas a utilizar.
- Para buscar de donde cargar estos mapas, empezando por la capa superior (*Top layer*) hasta la capa inferior (*Bottom layer*), se selecciona *Browse*.
- Como últimas opciones de este campo están las opciones de:
 - o Ignorar si hay archivos de datos que faltan (*Ignore Missing files*), si no se selecciona Radio Mobile avisa qué archivos faltan.
 - o Inicializar con una determinada altura en metros (*Initialize matrix with elevation (m)*).

En la columna de la derecha aparecen las opciones de extraer los mapas seleccionados (*Extract*) y cancelar (*Cancel*). También aparecen indicadas automáticamente las coordenadas de las cuatro esquinas del mapa cargado.

Otras opciones del menú *File* relacionadas con mapas son las de:

- *Save map as...* que guarda el mapa en el directorio elegido. Recibe la extensión “.map”.
- Para abrir mapas existen las opciones *Open map*, *Previous map* y *Next map*.

En el menú *Edit* existen herramientas para ajustar la imagen:

- *Fit to a window* ajusta el tamaño del mapa a las dimensiones de la ventana. Aparece una ventana (*Keep merged picture in picture?*) se puede seleccionar si queremos guardar el ajuste de la imagen o no y de qué forma:
 - o Guardar en la imagen actual: Seleccionar *Keep in actual picture* y *OK*.
 - o Guardar en otra imagen: Seleccionar *Keep in a new picture* y *OK*.
 - o Guardar de forma volátil: Seleccionar *Keep volatile* y *OK*.
 - o No guardar: Seleccionar *Do not keep* y *OK*.
- Seleccionando la zona que se quiere, gracias a *Fit map to picture/selection* el tamaño de la imagen se ajusta dicha zona.
- *Fit map to units* ajusta la imagen a las unidades habilitadas.

Para la superposición de mapas existe la opción *Merge pictures...* del menú *Edit*.

En la columna izquierda se selecciona la fuente (*Source*), que puede ser por ejemplo:

- *Another picture* superpone otra imagen abierta en Radio Mobile a la imagen activa, especificando el nombre en el menú desplegable *Source Picture*.
- *Internet MapPoint* da la posibilidad de seleccionar una zona del mapamundi.
- *Internet Virtual Earth* que permite descargar mapas de carreteras (*Roads*), mapas híbridos (*Hybrids*) y fotos aéreas (*Aerial photos*). Y seleccionar el zoom.
- Seleccionando *Internet MapQuest* te permite cargar mapas topográficos.
- Gracias a Internet *GoogleMap* se pueden descargar imágenes de satélite.

En la columna derecha aparecen los botones de aceptar (*Draw*) o cancelar (*Cancel*) y la sección de *Operation* donde se selecciona el modo de operación mediante el cual se superponen las imágenes y las opciones de contraste (*Contrast*) y brillo (*Brightness*):

- Para representar sin superponer el mapa descargado se debe seleccionar *Copy*.
- Empleando cualquiera de las otras tres opciones (*Add*, *Multiply* o *Bitwise*) si se procesan los datos de la nueva imagen con la imagen actual. La óptima es el modo en el cual quede más nítida la imagen.

Práctica:

Options > Intenet.

1. Activar la opción para la descarga de los datos de Internet si no se encuentran en el directorio local seleccionando *Download from Internet if a file is not found on local path and set a local copy*.
2. Seleccionar el directorio ftp (*Internet ftp directory*) según el área de interés, en nuestro caso *USGS South America - 3 arcseconds*.
3. Seleccionar *OK*.
Ver figura A.2.

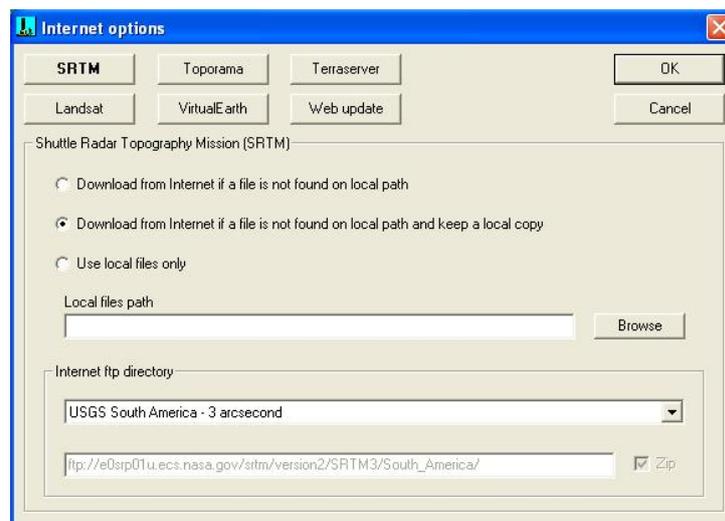


Figura A.2: Options > Intenet.

Options > Elevation data.

1. Activar la opción *Use elevation data in memory generated by Map Properties*.
2. Seleccionar *OK*.
Ver figura A.3.

File > Map properties.

1. Introducir las coordenadas del centro de la región de trabajo.
2. Determinar el la resolución y el tamaño del mapa.

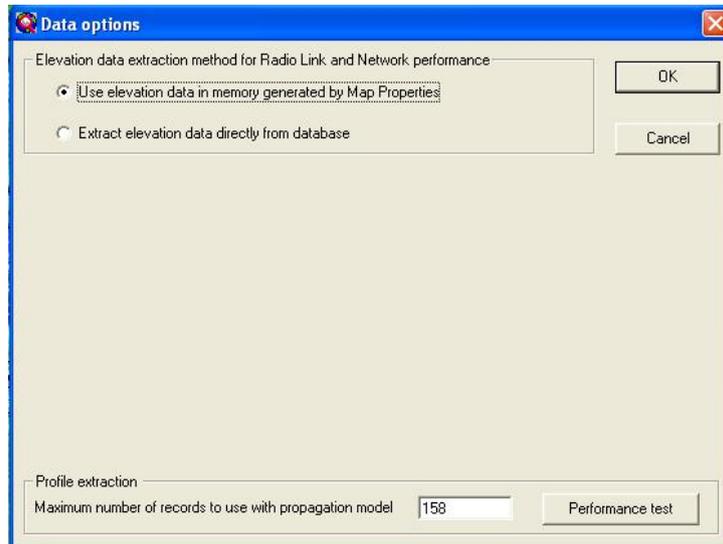


Figura A.3: Options > Elevation data.

3. Seleccionar la fuente de elevación STMR de la NASA que provee datos de altitud de 3 segundos de arco (100m) y buscar el directorio donde se almacenan los datos SRTM.
4. No seleccionar la opción *Ignore Missing files*, con el fin de que el programa avise de los datos incompletos.
5. Seleccionar *Extract*.
Ver figura A.4.

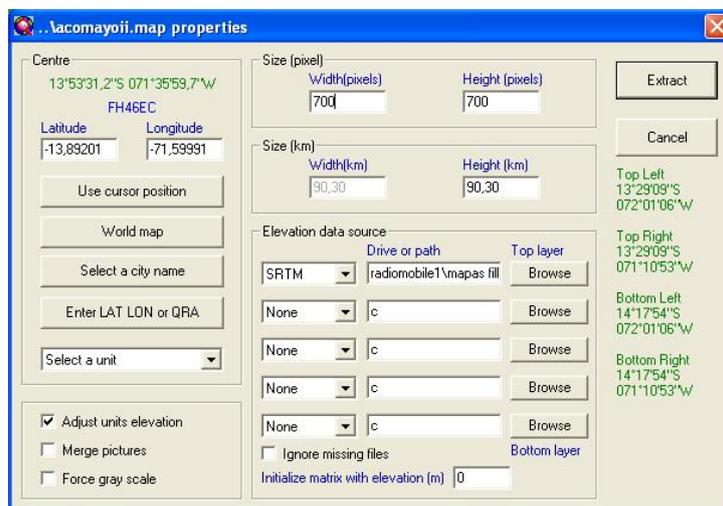


Figura A.4: Options > Map properties.

A.4. Imágenes

Si seleccionamos *Picture properties* del menú *File*, podemos modificar las características de la imagen. Para crear una nueva imagen se elegiría *File > New picture*.

La primera columna se refiere a las formas de coloreado:

- *Gray scaled slope*: Escala de grises.

- *Colored slope (absolute/relative)*: Coloreado, la opción *relative* colorea la imagen en referencia a las alturas con respecto al suelo.
- *X-ray y X-ray (inverted)*: Rayos X.
- *Rainbow*: Con la posibilidad de elegir los colores por altura.

En la columna siguiente aparecen las opciones de:

- *Bottom elevation (m)*: Menor elevación de la imagen.
- *Top elevation (m)*: Mayor elevación de la imagen.
- *Contrast (%)*: Contraste.
- *Brightness (%)*: Brillo.
- *Light azimuth (°)*: Ángulo acimutal de la luz.

Existen otras opciones como la de mostrar ciudades o dibujar los contornos cada un número de metros determinado en la zona inferior de la sección *Draw mode*.

La columna de la derecha de la ventana tiene las opciones:

- *Draw*: Aceptar las opciones y dibujar la imagen.
- *Cancel*: No guardar las características que hemos introducido.
- *3D picture*: Crear una imagen en tres dimensiones.
- *Stereo*: Crear una imagen más simple.
- *Object drive/Path*: Seleccionar un path.

En la zona inferior de la ventana aparece un texto en verde donde se puede observar:

- La información de mapa cargado (*Elevation data source*).
- La altura mínima (*Minimum*), la máxima (*Maximum*) y la altura media (*Average*) en metros.
- Si los datos del mapa coinciden o no con la imagen cargada (*Fits elevation data in memory / Does not fit elevation data in memory*).
- La anchura y altura de la imagen en píxeles (*Width/Height*).
- La ruta de la imagen si ya existía (*Path*).

La opción *Draw grid* del menú *Edit*, para dibujar una cuadrícula:

- En la sección *Style* se puede elegir el estilo de la leyenda a mostrar.
- El espaciado se selecciona en *Spacing*.
- Mediante las otras opciones se puede elegir el color y si se muestran las etiquetas.
- Por último, hay que pulsar *Draw* si queremos aceptar y dibujar la rejilla o *Cancel* si no queremos guardar las opciones ni dibujar.

Para dibujar circunferencias concéntricas separadas una determinada distancia, seleccionamos *Draw rings* del menú *Edit*:

- La primera sección es *Centre*, donde se puede seleccionar si queremos que el centro de las circunferencias sea una unidad a elegir o donde tenemos posicionado el cursor.
- Gracias a los apartados *Unit of measure* y *Step* elegimos la distancia entre circunferencias y su unidad.
- Mediante las otras opciones se puede elegir el color y si se muestran las etiquetas.
- Por último, hay que pulsar *Draw* si queremos aceptar y dibujar las circunferencias o *Cancel* si no queremos guardar las opciones ni dibujar.

A.5. Unidades

Con la opción de *Unit properties* del menú *File*, se accede a la ventana de configuración de las unidades.

En la columna izquierda aparecen las unidades de la red. Habiendo seleccionado una unidad se pasa a introducir sus características:

En el primer apartado de la columna central se determina:

- El nombre de la unidad (*Name*), de manera opcional se puede dar *Add / Get units to / from cities.dat* una descripción detallada (en el botón con el símbolo +).
- En el apartado *Elevation (m)* se emplaza automáticamente la altura de la unidad una vez introducidas las coordenadas.

En la sección de *Position* aparecen las coordenadas en forma hexadecimal y mediante el sistema QRA. Estas coordenadas se pueden:

- Copiar (*Copy*) y pegar (*Paste*) a otra unidad.
- Bloquear mediante *Locked* para no perder los datos.
- Modificar mediante:
 - o *Enter LAN LON o QRA*. Aparece una ventana donde se introducen las coordenadas bajo la misma presentación que en la carga de mapas (coordenadas hexadecimales, decimales y con el sistema QRA).
 - o *Place unit at cursor position*, seleccionando un punto en el mapa en el que deseamos emplazar la unidad. Una utilidad del programa es la de posicionar el cursor en el punto máximo de una zona seleccionada o de todo el mapa, gracias a *View > Find peak elevation*.
- Otras opciones de este apartado son:
 - o Emplazar el cursor en las coordenadas de la unidad (*Place cursor at unit position*).
 - o Añadir / obtener unidades (nombre y coordenadas) al / desde el la base de datos del programa *cities.dat* (*Add / Get units to / from cities.dat*), donde se encuentran las coordenadas de ciudades principales. El inconveniente es que se trabaja con las unidades de forma individual.

La sección de *Style* acoge diversas opciones para las unidades:

- Para poder trabajar con una determinada unidad debe estar habilitada, esto se consigue seleccionando *Enabled*.
- Las siguientes opciones se refieren al estilo del icono (*Icon 16x16 pixels*) y de la etiqueta del icono que puede ser transparente (habilitando *Transparent*), cambiar el color (mediante *BackColor* y *ForeColor*), cambiar la posición hacia la izquierda, centrado o hacia la derecha (*Left*, *Centre* o *Right*).

La última opción de esta columna es la de sólo mostrar las unidades que son miembros de enlaces visibles, seleccionando *Show only units that are members of a visible network*.

La columna de la izquierda de la ventana contiene botones para aceptar (*OK*), deshacer las nuevas características introducidas de la unidad (*Undo unit*), mover la unidad hacia arriba o hacia abajo (*Move up* o *Move down*), guardar las unidades en un archivo de texto (*Export*), obtener las coordenadas de un archivo de texto para incluirlas a nuestra red (*Import*), para ello hay que hacer *File > Load* en la ventana que aparece y seleccionar el archivo de texto correcto, borrar todas las unidades mediante *Clear all*, clasificar por orden alfabético las unidades, gracias al botón *Sort* y, por último, aplicar a todas las unidades el estilo de la unidad seleccionada (*Apply Style*). En alguno de los casos se debe que aceptar en la ventana de confirmación que aparece.

En la esquina inferior derecha aparece el estilo de icono y etiqueta que va a aparecer para dicha unidad.

Si no tenemos el detalle de donde se posicionará una estación y va a depender del mapa de cobertura, la podemos emplazar en cualquier lugar del mapa y moverla en el momento que queramos.

Práctica:

File > Unit properties.

1. Seleccionar la unidad con la que vamos a trabajar.
2. Escribir un nombre con el que podamos identificar fácilmente la unidad en *Name*.
3. Introducir las coordenadas:
 - a) Seleccionamos *Enter LAN LOR or QRA*. Aparece la ventana *WGS coordinates*, introducimos las coordenadas de forma hexadecimal, decimal o mediante el sistema QRA y pulsamos *OK*.
 - b) Situando el cursor donde queramos que esté aproximadamente la unidad y seleccionando *Place unit at cursor position*.
 - c) Pegándolas desde otra unidad empleando *Paste*.
 - d) Obtenerlas desde la base de datos del programa con *Get units from cities.dat*.
 - e) Desde Google Earth, haciendo en el programa *Añadir > Marca de posición* y copiando las coordenadas en Radio Mobile.
4. Ya deben aparecer de color verde y azul las coordenadas de la unidad.
5. En la sección de estilo habilitamos la unidad, seleccionando *Enabled* y centramos la etiqueta (*Centre*).

6. Si queremos incluir unidades de otras redes, pulsamos *Import*. En nueva ventana (*Import units*) hacemos *File > Load* y cargamos el fichero que contenga las unidades deseadas, estas se pueden observar en la columna derecha. Por último se seleccionan las que queremos incluir en nuestro proyecto y se pulsa el botón <- y *OK*. En la columna de la izquierda hay que seleccionar desde que unidad queremos que se importe (*Start overwrite at*) para evitar que se sobrescriban.
7. Para incluir el nombre y coordenadas de nuestras unidades de trabajo hay que pulsar *Export* y escribir el nombre del fichero.
8. Para guardar los cambios y cerrar la ventana seleccionamos *OK*.
9. Seleccionar *Extract*.
Ver figura A.5.

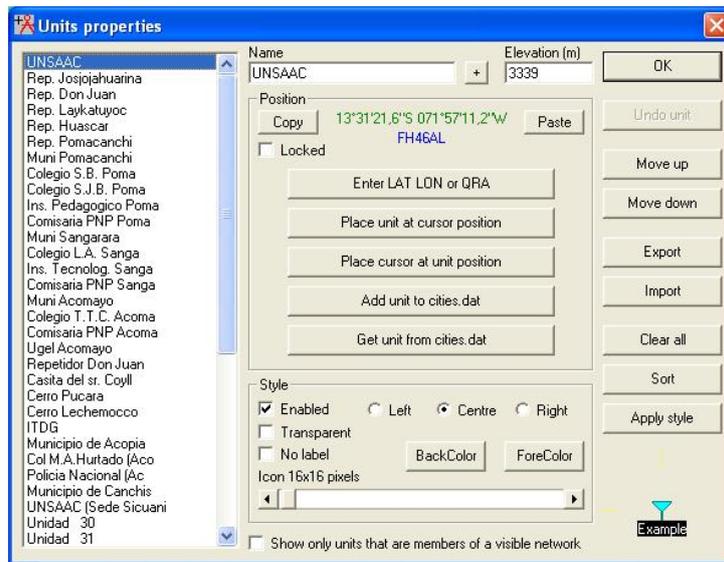


Figura A.5: File > Unit properties.

A.6. Redes

Seleccionando *Networks properties* del menú *File* aparece la ventana *Networks properties* donde se puede seleccionar en la fila superior:

- Los parámetros por defecto (*Default parameters*).
- Copiar las características del enlace en uso o copiarlas de otro enlace (*Copy / Paste Net*).
- Aceptar o Cancelar las propiedades y cerrar la ventana (*OK* o *Cancel*).

Existen cinco iconos para seleccionar el tipo de parámetros:

- Para ajustar los parámetros generales del modelo de propagación: *Parameters*.
- La topología del enlace se define en *Topology*.
- En *Membership* seleccionamos las unidades que forman parte del enlace, el papel de éstas en relación con la topología y su sistema.
- En la pestaña *Systems* se definen los sistemas o equipos que vamos a emplear.
- Por último, el estilo de presentación de los enlaces se selecciona en *Style*.

A.6.1. Sistemas

Para la definición los sistemas, en la ventana que aparece hay que seleccionar *Systems* para introducir las características:

- El menú *Select from Radiosys.dat* permite cargar parámetros de otros sistemas en nuestro nuevo sistema.
- El nombre se puede introducir en la casilla *System name*.
- La potencia de transmisión emitida por el equipo se puede introducir en vatios o dBm, se calcula automáticamente en la otra unidad. Se compete en *Transmit power (watt)* o (*dBm*).
- En *Receiver threshold* (μV) o (*dBm*) se asigna la sensibilidad del equipo receptor.
- Las pérdidas de línea que incluyen las del cable, cavidades (si se utilizan), conectores, etc. se introducen en dB en *Line loss (dB)*.
- En el menú desplegable *Antenna type* se selecciona el tipo de antena de los que se incluyen en el fichero radiosys.dat, por ejemplo omnidireccional, elíptica o yagi. En el botón *View* aparece una ventana (*Antenna pattern*) se puede ver dibujado el diagrama de radiación de la antena de cada tipo e ir variando los parámetros manualmente o el ángulo de la antena en *Front beam azimuth* ($^{\circ}$), la ganancia de la antena en *Front beam gain (dBi)* y la escala en dB (*Scale (dB)*). Para dibujarla se selecciona *Draw*. Para copiar en el portapapeles se pulsa *Copy to clipboard*. Seleccionar las distintas opciones de visibilidad de la rejilla y de las etiquetas (*Draw grid* y *Draw labels*) y las opciones de color del diagrama, de la rejilla y del fondo (*Plot color*, *Grid color* y *Back color*).
- La ganancia de la antena respecto a la antena isotrópica o a la del dipolo de media longitud de onda de trabajo se incluye en *Antenna gain (dBi)* o (*dBd*), la otra casilla se rellena automáticamente.
- La altura sobre el suelo en metros se introduce en *Antenna height (m)*.
- Las pérdidas del cable desde la base de la torre hasta el conector en dB/m, si la altura de la antena en el posterior estudio del enlace difiere de la introducida en el sistema, se deben rellenar en la casilla *Additional cable loss (dB/m)*.
- Los datos de la antena se pueden guardar o borrar de la base de datos radiosys.dat (*Add to / Remove from radiosys.dat*), para poder utilizar los datos en otros sistemas.

A.6.2. Parámetros de enlaces

Para el ajuste de los parámetros de los enlaces se selecciona *Parameters* de la ventana *Networks properties*. Los parámetros que se pueden seleccionar en este apartado son:

- Nombre del enlace (*Net name*).
- Frecuencia mínima y máxima en MHz (*Minimum/Maximum frequency (MHz)*). Ésta puede variar entre 20 MHz y 20 GHz. El programa tomará la frecuencia media como entrada al modelo de propagación.
- Refractividad de la superficie terrestre (*Surface refractivity (N-units)*), que determina la curvatura que sufrirán las ondas de radio. Para unas condiciones atmosféricas promedio se selecciona 301 Unidades de n, que corresponde a una curvatura de la tierra de 4/3.

- Conductividad del suelo medida en Siemens por metro (*Ground conductivity (S/m)*). Depende del tipo de terreno y de la frecuencia de trabajo. El valor por defecto es 0.005.
- Permitividad relativa del suelo o constante dieléctrica del medio (ϵ) (*Relative ground permittivity*). Depende del tipo de terreno y de la frecuencia de trabajo. El valor por defecto es 15. Ver Tabla A.1.

Características del terreno	Conductividad (S/m)	Permeabilidad relativa
Terreno de calidad media	0.005	15
Terreno pobre	0.001	4
Terreno bueno	0.01	25
Agua dulce	0.02	25
Agua marina	5	25

Cuadro A.1: Conductividad y permeabilidad según el tipo de terreno.

- En la categoría *Polarization* se puede seleccionar polarización de la antena vertical u horizontal (*Vertical / Horizontal*). Se asume que ambas antenas tiene la misma polarización.
- En siguiente sección llamada *Mode of variability* se puede seleccionar el modo de variabilidad, que determina la fiabilidad de los valores utilizados en el modo. Éstos pueden ser:
 - o *Spot*: ajustando el porcentaje respecto a las situaciones. El programa hace un único intento para enviar un mensaje en la simulación. Transmisiones unicast entre estaciones fijas.
 - o *Accidental*: ajustando el porcentaje respecto al tiempo y las situaciones. Se utiliza para evaluar interferencias.
 - o *Mobile*: ajustando el porcentaje respecto al tiempo y las situaciones. Empleado para comunicaciones móviles.
 - o *Broadcast*: ajustando el porcentaje respecto al tiempo, las ubicaciones y las situaciones. Transmisiones broadcast entre estaciones fijas.
- El porcentaje de pérdidas adicionales (*Additional loss*) dependiendo de si nos encontramos en suelo urbano (*City*) o rural (*Forest*).
- Por último encontramos la sección *Climate*, donde se puede definir el clima aproximado de la zona bajo estudio: *Equatorial*, *Continental sub-tropical*, *Maritime sub-tropical*, *Desert*, *Continental temperature*, *Maritime temperature over land* y *Maritime temperature over sea*.

A.6.3. Topología de red

Seleccionando *Topology* se define la topología de cada enlace. Si está habilitado *Visible*, se mostrará el enlace en la imagen. Dicha topología puede ser:

- *Voice net (Command/Subordinate/Rebroadcast)*: Se emplea para comunicar las estaciones de mando con las subordinadas, pero no las subordinadas entre sí. Para mejorar la comunicación se crean unidades de retransmisión.
- *Data net, star topology (Master/Slave)*: Se utiliza para enlazar las unidades maestro con las unidades esclavo, pero no las unidades esclavo entre sí. Existe la opción de marcar por defecto las demás unidades como esclavo cuando se marca una como maestro habilitando *If a unit is set to master, set all others as slave*.

- *Data net, cluster (Node/Terminal)*: Se emplea para redes de datos con nodos que pueden retransmitir datagramas, determinando el número máximo de retransmisiones de 0 a 20 (*Maximum number of rebroadcasts allowed*).

A.6.4. Unidades miembro del enlace

En este apartado se definen los miembros y características de cada enlace. Se accede seleccionando *Membership*. Seleccionando el nombre un enlace, aparece una lista de las unidades. De las que se seleccionan las que pertenezcan al enlace y se seleccionan sus características:

- Se selecciona del menú desplegable de *Role of...* en función de la topología indicada.
- En *Antenna height (m)* se puede elegir si dejamos la altura determinada en el sistema (*System*) o modificarla (*Other*) introduciendo otro valor.
- Si la antena seleccionada no es omnidireccional, en *Antenna Azimuth* se debe seleccionar la directividad de la antena indicando hacia que unidad apunta. También se puede fijar un ángulo, habilitando *Fixed (°)* e introduciendo una cantidad. Existe la posibilidad de ver el diagrama de radiación de la antena gracias a *View pattern*.

A.6.5. Estilo del enlace

Para definir el estilo de representación del enlace se selecciona el icono *Style*:

- La primera sección es la de *Propagation mode* donde se puede habilitar la aplicación del método de dos rayos (directo y reflejado en la superficie terrestre) en el cálculo de radioenlaces de visión directa (*Use "Two Rays" for Line-Of-Sight*). Elegir *Normal* o *Interference* si contemplamos el cálculo de interferencias.
- Las tres opciones siguientes se destinan a seleccionar el color (verde, amarillo y rojo) de la línea de enlace en función de si la señal relativa recibida en un punto del mapa supera o no un valor. Para topologías de red tipo cluster y el número de saltos es mayor a cero, el color amarillo desaparece y el color verde y el rojo se destinan para valores de la señal recibida mayores o menores a cero.
- La última opción es *Draw lines with dark background* que dibuja las líneas con fondo oscuro.

Práctica:

File > Networks properties.

1. Activar la pestaña *Systems*.

- a) Seleccionar el sistema que queremos caracterizar en la columna izquierda.
- b) Introducir nombre del sistema que vamos a definir. Se debe emplear un nombre con el que podamos identificar fácilmente las características. Por ejemplo: Tipo de tarjeta inalámbrica (R25H, SR2...), tipo de antena (dir, sec, omni...), ganancia de la antena (18 dBi) y tipo de cable coaxial (lmr600...), lo que quedaría *R25H dir 28.5dBi lmr600*.
- c) Se rellenan las características de los equipos del sistema que estamos definiendo: potencia transmitida, sensibilidad del equipo receptor, pérdidas de línea, tipo, ganancia relativa y altura de la antena y pérdidas adicionales del cable por metro. La mayoría de estos datos los debe proporcionar el fabricante en las hojas de características de los equipos, otras se calculan. Por ejemplo, la ganancia relativa se especifica por recomendaciones y la experiencia propia; la altura de la antena se define como resultado de la simulación.

- d) Es conveniente guardar los datos en radiosys.dat mediante *Add to radiosys.dat*, ya que muchas características serán iguales en otros sistemas. Ver figura A.6.

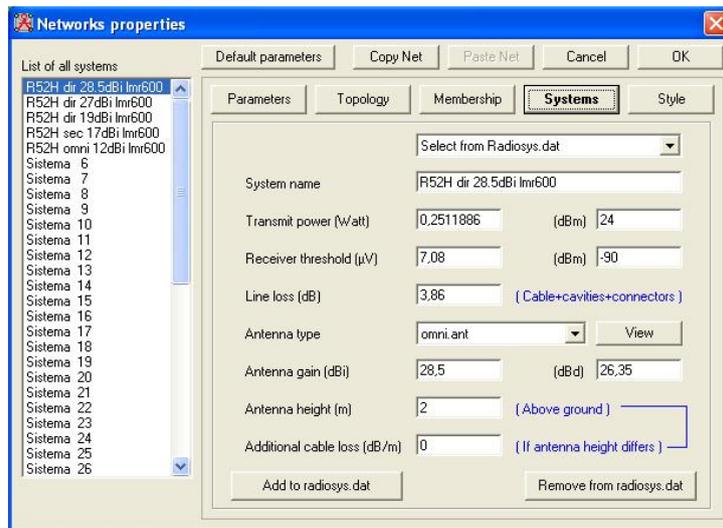


Figura A.6: Systems.

2. Seleccionar *Parameters*.

- a) Seleccionar el enlace deseado de la lista de enlaces.
- b) Elegir un nombre para el enlace. Éste puede contener los dos extremos del enlace, por ejemplo Punto A - Punto B.
- c) Si no conocemos los valores de la refractividad, la conductividad y la permitividad, se utilizan los valores por defecto (301 / 0,005 / 15).
- d) La frecuencia a seleccionar debe estar en torno a 2.4 GHz o 5.8 GHz ya que son las frecuencias inalámbricas no licenciadas. Se pueden hacer pruebas en las dos frecuencias y elegir la que mejor resultados ofrezca. También depende de la frecuencia utilizada en la zona para evitar interferencias. La selección de la frecuencia mínima y la máxima, depende del canal elegido.
- e) Definir la polarización de la antena (vertical / horizontal). Por defecto se define polarización vertical. Cuando en un mismo punto se existen muchas verticales se opta que uno de ellos sea horizontal.
- f) El modo de variabilidad que se solía emplear para este tipo de enlaces era el de *Broadcast* con % de tiempo, ubicaciones y situaciones igual a 90, 80 y 80, respectivamente. Ahora se está usando el modo *Accidental*, quedando bloqueado el % de ubicaciones ya que es un punto fijo y los porcentajes de tiempo y situaciones igual a 90 y 70, respectivamente.
- g) Seleccionar *City* o *Forest* dependiendo de si nos encontramos en zona urbana o rural, respectivamente. El porcentaje de las pérdidas adicionales en bosque se calcula con el simulador Land Cover.
- h) El clima depende del escenario. En selva se ha empleado *Equatorial* y en sierra *Continental temperature*. Ver figura A.7.

3. Seleccionar *Topology*.

- a) Seleccionar el enlace que queremos definir de la columna de la izquierda.
- b) Habilidad la opción *Visible*.

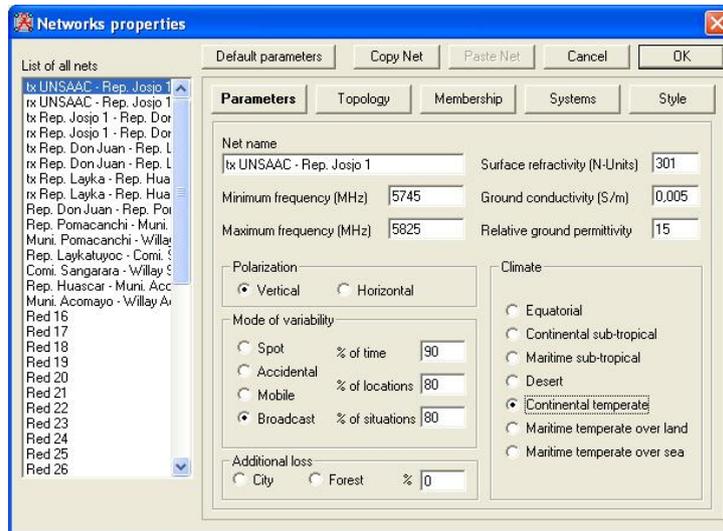


Figura A.7: Parameters.

- c) Marcar la topología deseada. Se suele utilizar *Data net, star topology (Master/Slave)*.
- d) Activar la casilla *If a unit is set to master, set all others as slave*. Ver figura A.8.

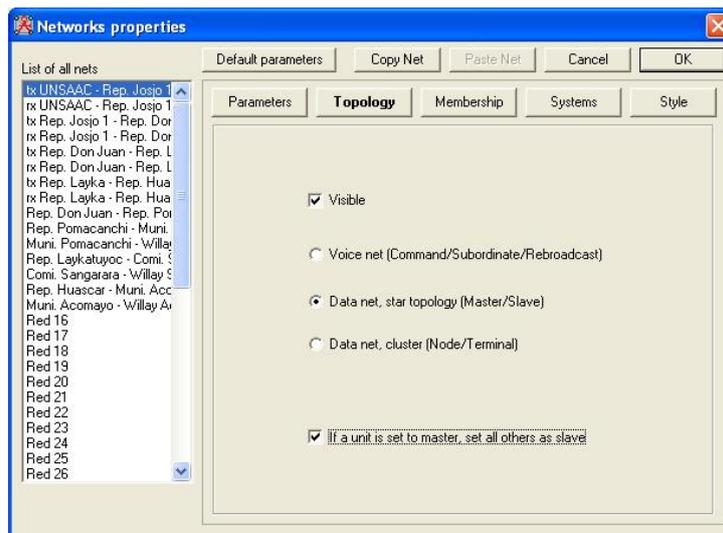


Figura A.8: Topology.

4. Seleccionar *Membership*.

- a) Seleccionar el enlace del que queremos caracterizar sus miembros.
- b) Activar las unidades que pertenecen a este enlace y caracterizar cada una de ellas con el papel que juegan en el enlace (*Master / Slave*) y el sistema que define las características de sus equipos.
- c) Inicialmente, seleccionar la altura de la antena definida en el sistema (activando *System en Antenna height (m)*).
- d) Para antenas que no sean omnidireccionales, deshabilitar en *Antenna azimuth* la opción *Fixed (°)* y seleccionar la otra unidad del enlace en el menú desplegable. Ver figura A.9.

5. Activar *Style*.

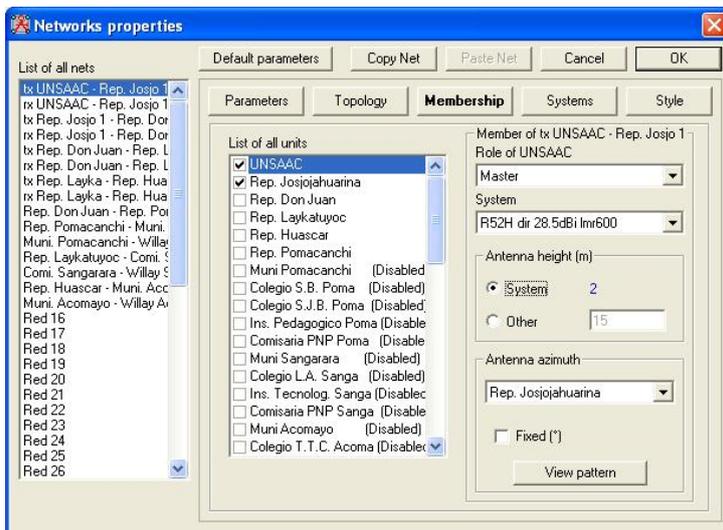


Figura A.9: Membership.

- Seleccionar la opción de *Use "Two Rays" for Line-Of-Sight* en modo *Normal* si no consideramos el cálculo de interferencias.
- Marcas las tres siguientes casillas, indicando en dB los límites. Por ejemplo en amarillo el nivel mínimo de señal recibida y en verde si se supera de forma más amplia.
- Activar la opción de *Draw lines with dark background*.
Ver figura A.10.

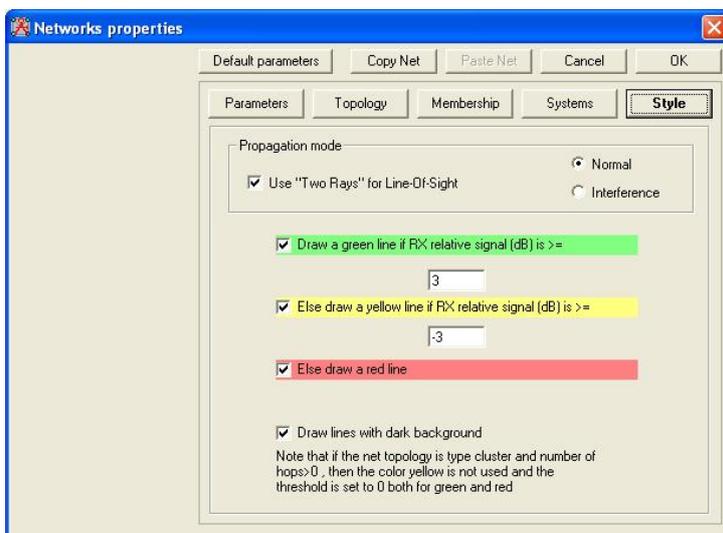


Figura A.10: Style.

- Pulsar *OK* para guardar los cambios y cerrar la ventana.

View > Show networks.

- > **All** para mostrar unidades y enlaces.
- > **Units** muestra únicamente los emplazamientos de la red.
- > **Needlines** muestra las líneas de los enlaces.

A.7. Reportes de enlaces

En el menú *Tools* en *Network report*, se pueden observar las características de cada enlace, se seleccionan los siguientes parámetros:

- El enlace que queremos estudiar.
- Si permitimos retransmisiones (*With rebroadcast*) o sólo permitimos trayectorias directas (*Direct path only (dB)*).
- Imprimir (*Print*) o guardar (*File*) el informe.

La información que te ofrece la ventana *Performance report* que aparece es:

- Nombre del enlace.
- Topología empleada.
- Frecuencia de trabajo.
- Para cada unidad de la red: Nombre, número, margen relativo de recepción, papel que desempeñan con respecto a la topología, sistema empleado y altura y ángulo acimutal de la antena.
- Si hemos seleccionado *Direct path only*, aparecerá $Quality = 50 + signal\ margin\ in\ dB$, por lo que hay que sumarle 50 al margen de recepción. Si hemos seleccionado *With rebroadcast* aparecerá $Quality = 50 - number\ of\ resend$, habrá que restarle a 50 el número de retransmisiones.

Si seleccionamos *File*, nos aparece un informe con los siguientes datos:

- En el apartado *General information* aparecen las rutas del *.net y del *.map, las coordenadas centrales del mapa y la altura y anchura de su representación.
- En la sección *Active units information*, podemos observar los siguientes datos de cada unidad: Nombre (*Name*), coordenadas (*Location*) y altitud (*Elevation*).
- En *Systems* aparecen las características de los sistemas: Nombre (*Name*), potencia transmitida en vatios (*Pwr Tx*), pérdidas en dB (*Loss*), pérdidas adicionales por metro en dB/m (*Loss (+)*), sensibilidad del receptor en dBm (*Rx thr.*), ganancia relativa de la antena en dBi (*Ant. G.*) y tipo de antena (*Ant. Type*).
- En la sección *Active nets information*, se definen las siguientes características de cada enlace:
 - o Nombre del enlace.
 - o Topología empleada.
 - o Frecuencia de trabajo.
 - o Polarización (horizontal o vertical).
 - o Modo de variabilidad
 - o La refractividad, conductividad y permitividad.
 - o Clima seleccionado.

- o Para cada unidad del enlace: Nombre (*Net members*), número (*01*), margen relativo de recepción (*02*), papel que desempeñan con respecto a la topología (*Role*), sistema empleado (*System*) y altura y ángulo acimutal de la antena (*Antenna*).
- o También aparecerá *Quality = 50 - number of resend*, por lo que habrá que restarle a 50 el número de retransmisiones.

A.8. Radio Link

Se accede a esta herramienta mediante *Tools > Radio link*. En la ventana *Radio Link* que aparece se muestran los parámetros del enlace entre las dos unidades que seleccionemos. En menú de dicha ventana se puede seleccionar:

- *Edit*: Permite copiar la imagen seleccionando *Copy* o guardarla mediante *Export to...*
- *View*: para observar diferentes perspectivas y presentaciones del enlace.
- *Swap*: Intercambia el transmisor y el receptor.

Los datos que aparecen arriba de la imagen son:

- *Azimuth*: Ángulo acimutal de la antena en grados ($^{\circ}$).
- *Elev. angle*: Ángulo de elevación en grados ($^{\circ}$).
- *Clearance*: Despeje at en km.
- *Worst Fresnel*: Peor ángulo de Fresnel en veces F1.
- *Distance*: Distancia del enlace en km.
- *PathLoss*: Pérdidas en el espacio libre en dB.
- *E field*: Nivel de campo en $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$.
- *Rx level*: Nivel de señal recibida en dBm.
- *Rx level*: Nivel de señal recibida en μV .
- *Rx reative*: Margen de la potencia de la señal recibida respecto a la sensibilidad del receptor en dB.

En la imagen aparece el perfil orográfico del enlace.

- Las siguientes secciones contienen los parámetros del transmisor (*Transmitter*) y del receptor (*Receiver*) que anteriormente introdujimos. Entre ellos están el nombre, el papel que desempeñan, el nombre del sistema, la potencia de transmisión, las pérdidas de línea, la ganancia de la antena y la potencia radiada. Podemos variar las alturas de las antenas. El código S se refiere a la sensibilidad, depende del margen de fadding (M), siendo $M = P_r - P_{rmin}$ (P_r : Potencia recibida, P_{rmin} : sensibilidad en el receptor). Ver Tabla A.2.

En la sección *Net* aparece el nombre de los enlaces correspondientes a las unidades bajo estudio, debemos seleccionar el que nos interese si existen varios.

Código S	Fadding (M)
S0	$M \leq -1.5 \text{ dB}$
S1	$-1.5 \text{ dB} < M \leq 1.5 \text{ dB}$
S2	$1.5 \text{ dB} < M \leq 4.5 \text{ dB}$
S3	$4.5 \text{ dB} < M \leq 7.5 \text{ dB}$
S4	$7.5 \text{ dB} < M \leq 10.5 \text{ dB}$
S5	$10.5 \text{ dB} < M \leq 13.5 \text{ dB}$
S6	$13.5 \text{ dB} < M \leq 16.5 \text{ dB}$
S7	$16.5 \text{ dB} < M \leq 19.5 \text{ dB}$
S8	$19.5 \text{ dB} < M \leq 22.5 \text{ dB}$
S9	$22.5 \text{ dB} < M \leq 27 \text{ dB}$
S9+10	$27 \text{ dB} < M \leq 39 \text{ dB}$
S9+20	$39 \text{ dB} < M \leq 49 \text{ dB}$
S9+30	$49 \text{ dB} < M \leq 59 \text{ dB}$

Cuadro A.2: Código S en función del margen de fadding (M)

Por último, aparece el mínimo y el máximo de la frecuencia en el apartado *Frequency*, que podemos modificar.

Práctica:

Tools > Radio link.

1. Seleccionar las unidades que queremos estudiar.
2. Seleccionar el enlace correspondiente.
3. Modificar las alturas de las antenas hasta que:
 - a) *Worst Fresnel* sea mayor o igual a 0,6F1, aunque mejor 1F1.
 - b) *Rx relative* sea mayor o igual a 20, aunque a veces hay que conformarse con menos.
 - c) *PIRE* sea menor o igual a 4 W por limitación de las leyes peruanas. En campo es más flexible, se podría aumentar pidiendo un permiso. En otros países puede ser cambiar este límite.
4. Presionar *Apply* para guardar los cambios.
5. Es recomendable seleccionar *Swap* del menú superior para analizar el enlace en el otro sentido ya que no suele ser simétrico.
Ver figura A.11.

A.9. Representación de la cobertura

Mediante el menú *Tools*, se puede dibujar el área de cobertura seleccionando *Radio coverage*. Los tipos de gráficas que se pueden dibujar son:

Single polar: dibuja el área de cobertura de una unidad central fija para una unidad móvil realizando un barrido radial.

- Hay que seleccionar tanto estas unidades como el enlace en estudio.

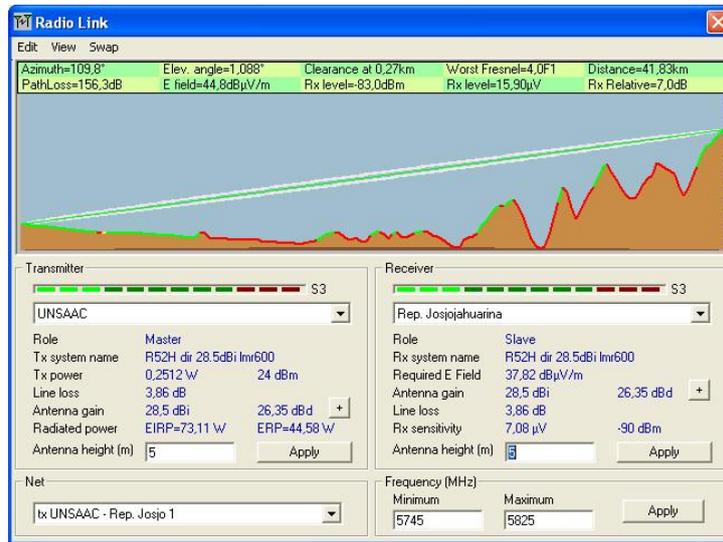


Figura A.11: Tools > Radio link.

- En el apartado *Link Direction* se especifica si queremos que el centro sea la estación transmisora o la receptora.
- Se determina el mínimo y el máximo de la distancia desde la unidad fija donde se calculará la cobertura en *Radial Range (km)*.
- En la sección *Plot* se determina cómo queremos que se dibuje la cobertura, sólo el contorno o relleno de un color o en escala de colores.
- El rango del ángulo acimutal se selecciona en *Azimuth Range*.
- En *Threshold* se puede ajustar la sensibilidad según el código S, en dBm, μV y $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$. Se puede poner el mínimo y el máximo o ajustarlo automáticamente, lo que da lugar al mínimo igual a la sensibilidad del receptor móvil y el máximo 40 dB por encima.
- Se puede emplear la antena relativa al enlace o modificarla en *Antenna Pattern*.
- Los botones de la esquina superior derecha te permiten dibujar la cobertura o cancelar.

Combined cartesian: para calcular el área de cobertura en coordenadas cartesianas se utilizan una o varias unidades fijas y una unidad móvil.

- Se seleccionan las unidades fijas (de las que se puede cambiar la antena y dibujar el patrón de radiación), la unidad móvil y el enlace que las relaciona.
- Se pueden habilitar las siguientes opciones: usar las características de la antena ya definidas, guardar los datos del mapa de bits en un fichero, presentar las unidades no seleccionadas, guardar los dibujos de cobertura y definir una distancia máxima en kilómetros para dibujar la cobertura.
- En las dos siguientes secciones, *Link Direction* y *Mode*, se determina si la unidad móvil es el transmisor o el receptor y si se dibuja para todo el dibujo o para una sección.
- En *Single range to draw*: se determina el mínimo y el máximo de la distancia a la que se dibujará la cobertura según el código S, en dBm, μV y $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$. El tamaño en píxeles y el color de la zona dibujada.

- La columna de la derecha da la opción de dibujar, cancelar, cargar o guardar las características o descargar datos en un fichero *.txt.

Interference: dibuja regiones con un nivel de interferencia aceptable y regiones que superan el margen de interferencia.

- En la primera sección, *Coverage based on required Signal to Interference ratio (S/I) or acceptable time delay*, se define si se va a analizar la cobertura en función del código S, en dBm, μV y $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$, el mínimo de nivel de señal y de relación S/I. Se elige el color si se supera o no la relación S/I mínima y el tamaño en píxeles del dibujo. Si se habilita *Time delay* se debe definir el desfase máximo que se considerará y el color con el que se dibujará la zona donde no se supera la relación S/I, pero hay un desfase aceptable.
- En las dos secciones siguientes se selecciona el transmisor deseado y el interferente, se puede cambiar los patrones de las antenas o dejarlas tal como las definimos. Si habíamos habilitado *Time delay*, estas dos secciones se referirán a los dos transmisores.
- La última sección *Mobile*, se refiere a la unidad móvil. Hay que seleccionar la red que englobe a todas las unidades bajo estudio.
- Cuando tengamos todas las opciones elegidas podemos seleccionar *Draw* para dibujar o *Cancel* para cancelar.

Fresnel: en la ventana *Fresnel Zone Coverage* que aparece se debe seleccionar la unidad central, la unidad móvil y la red que las relaciona. Como características de representación hay que definir:

- En el apartado *First Fresnel zone clearance*, el intervalo de despeje de la primera zona de Fresnel que queremos que se coloree y su color.
- El mínimo y el máximo de la distancia en kilómetros de cobertura desde la estación fija.
- El ángulo acimutal que para todas direcciones sería de 0° a 360° .
- Por último se puede elegir *Draw* o *Cancel*.

Find best sites: encuentra los mejores emplazamientos de la unidad transmisora para dar cobertura a los receptores de una determinada red:

- En la fila superior hay que activar *Within a network*, si se quiere determinar los mejores puntos para la unidad central dentro de una red o *With waypoints*, seleccionando una ruta.
- Hay que elegir la unidad transmisora y la red. Si hemos activado *With waypoints* también hay que elegir una unidad móvil.
- Se define el mínimo porcentaje de cobertura que vamos a dibujar y el color de los valores que lo superan pulsando *Color*.
- Se elige el tamaño en píxeles del dibujo y el color con el que se va representar.
- Si se ha activado la opción *With waypoints* aparecen una sección más para dibujar la ruta o descargarla desde algún fichero.
- Por último se debe dibujar (*Draw*) o cancelar (*Cancel*).

Route: aparece la ventana *Route radio coverage*. Esta opción se emplea cuando disponemos de la ruta en un fichero.

La cobertura de visión directa se puede dibujar desde *Visual coverage* del menú *Tools*. En la ventana que aparece se puede seleccionar:

- La unidad desde la que queremos observar y la altura del sensor en metros en la sección *Observer*.
- El estilo de la zona de cobertura visual. Si queremos que sea relleno, únicamente representar el borde o ambas y su color en *Plot*.
- Los rangos de los ángulos acimutal y de elevación, eligiendo los mínimos y máximos. Esto se define en *Azimuth / Elevation angle range*.
- En *Target* se puede elegir que el objetivo esté sujeto al suelo (se puede variar la altura) o con una determinada altura respecto al nivel del mar.
- La última sección, *Radial range*, se destina a ajustar la distancia para la que se va a calcular la cobertura visual.
- Para presentar esta cobertura se pulsa *Draw* y para cancelar, *Cancel*.

Práctica:

Tools > Radio coverage.

1. > ***Single polar.***

- a) Se selecciona la unidad fija (normalmente un repetidor), la unidad móvil y el enlace que las relaciona. La unidad móvil hay que definirla previamente en un lugar cercano al ideal.
- b) Se define si la unidad móvil es la transmisora o la receptora.
- c) El máximo de *Radial Range (km)* depende de la distancia aproximada a la cual queramos situar la unidad móvil.
- d) Si nos interesa dibujar la cobertura en todas direcciones elegiremos el rango del ángulo acimutal de 0° a 360°.
- e) La sensibilidad se puede ajustar automáticamente.
- f) Pulsamos *Draw*.

2. > ***Combined cartesian.***

- a) Se seleccionan una o varias unidades fijas, la unidad móvil y el enlace que las relaciona. La unidad móvil hay que definirla previamente en un lugar cercano al ideal.
- b) Se define si la unidad móvil es la transmisora o la receptora.
- c) Se elige el rango de señal que se dibujará.
- d) Se selecciona *Draw*.

3. > ***Interference.***

- a) Seleccionar el mínimo nivel de relación S/I que se va a aceptar.
- b) Definir las unidades transmisora, receptora y la interferente. Deben pertenecer a la misma red.

c) *Draw*.

4. > **Fresnel.**

- a) Definir la unidad fija, la móvil y el enlace entre ambas.
- b) Elegir que veces la primera zona de Fresnel queremos que se dibuje.
- c) Seleccionar el máximo de la distancia y los ángulos acimutales entre los que queremos representar, que para todas direcciones debe ser entre 0° y 360°.
- d) *Draw*.

5. > **Find best sites.**

- a) Elegir *Within a network* si no tenemos claro la posición de la unidad. Sí debe existir un enlace que relacione la unidad central, que debemos seleccionar, y la móvil.
- b) Definimos el mínimo de cobertura que vamos a representar.
- c) Pulsamos *Draw*.

Tools > Visual coverage.

1. Seleccionar la unidad central desde la que queremos conocer la cobertura visual.
2. Definir el estilo de la zona de cobertura, el ángulo de elevación y el ángulo azimutal, que debe ser de 0° a 360° si queremos que calcule la cobertura en todas direcciones.
3. Elegir la opción *Nap-of-the-earth*, si queremos definir la altura del objetivo con respecto al suelo.
4. *Draw*.

A.10. Guardar el proyecto

Extensión de ficheros que se guardan para una red:

- La información de la red (unidades, enlaces, parámetros de propagación, topologías...) se guarda en el *.net.
- En el fichero *.map se encuentra la información de los perfiles del terreno, la elevación.
- Las imágenes asociadas a los mapas se guardan en el fichero *.bmp. No tienen información del perfil del que son representación gráfica.

Práctica:

File > Save networks as...

En la ventana *Save networks* que aparece se selecciona el directorio deseado, se introduce el nombre del proyecto y el tipo *Network File (NET)* y se acepta.

File > Save map as...

En la ventana *Save map* que aparece se selecciona el directorio deseado, se introduce el nombre del proyecto y el tipo *Map File (MAP)* y se acepta.

File > Save picture as...

En la ventana *Save picture* que aparece se selecciona el directorio deseado, se introduce el nombre del proyecto y el tipo *Picture File (BMP)* y se acepta.

A.11. Google Earth

Una vez guardado el fichero *.net, con todos los datos de la red se debe pasar a un tipo de fichero compatible con Google Earth, éste es *.klm. Se consigue con la aplicación Net2Klm de VE2DBE.

Una vez en Google Earth, una utilidad es la de comprobar si existe línea de vista, hay que seleccionar *Abrir...* del menú *Archivo* y seleccionar el fichero *.klm que habíamos creado.

El fichero *.klm aparece en *Lugares temporales*. Debemos ir desplegando pestañas hasta que aparezca *Networks*. Para el enlace que queramos observar desplegamos la pestaña y aparece *Link between* “unidad1” and “unidad2”. Hacemos clic con el botón derecho y seleccionamos *Propiedades*. Aparece la ventana *Google Earth - Editar Ruta*. En la pestaña *Altitud* se puede seleccionar la altura en metros escribiéndola o con un cursor desplazable, si esta altura se refiere al suelo, al lecho marino, si el enlace está sujeto al suelo o al lecho marino o si la altura es absoluta. La última opción es la de *Extender la ruta al suelo*.

Otra utilidad es la de encontrar un emplazamiento dependiendo de la posibilidad de acceso. Por ejemplo si está cerca de una vía, si el punto está sobre una pared muy vertical, etc. Ya que habrá que acceder transportando material. Las coordenadas de este punto se consiguen mediante *Añadir > Marca de posición*. Pinchamos el marcador en el lugar deseado y en la ventana *Google Earth - Nuevo Marca de posición* que aparece, se puede ver la *Latitud* y la *Longitud* que copiaremos en *Unit properties* de Radio Mobile.

Práctica:

Net2Klm.

1. Seleccionar *Open a Network* del menú *File*. Elegir el fichero *.net que contenga los datos de nuestra red.
2. En el menú *File* seleccionar *Save as klm file*.
3. *File > Exit*.

Google Earth.

1. Comprobar línea de vista:
 - a) *Archivo > Abrir...* y seleccionar nuestro *.klm relacionado con el *.net.

- b) *Lugares temporales* > *Networks* y clic derecho en *Link between* “unidad1” and “unidad2” y seleccionamos *Propiedades*.
 - c) Seleccionar la pestaña *Altitud* de la ventana *Google Earth - Editar Ruta*.
 - d) Activar *Extender ruta al suelo*.
 - e) *Aceptar*.
2. Encontrar un buen emplazamiento:
- a) *Añadir* > *Marca de posición*. Pinchar para poner el marcador en la zona deseada.
 - b) Copiar *Latitud* y *Longitud* a *Unit properties* de Radio Mobile.
 - c) *Aceptar*.

B

Selección de equipamiento

B.1. Placas SCB

[3]

Ver Tabla B.1.

- RouterBOARD 532A. Características: <http://www.routerboard.com/rb500.html>
 - o Se basa en el procesador Freescale MPC8321. No tiene FPU (unidad de punto flotante).
 - o Ventaja de manejar hasta 4 y 6 interfaces inalámbricas miniPCI (por medio de tarjetas adicionales) .
 - o Inconveniente de que a más interfaces menos potencia administrada a cada uno.
 - o Inconveniente de venir con un sistema operativo propietario instalado llamado *RouterOS*, no se podrá adicionar o cambiar aplicaciones particulares.
 - o Existe la posibilidad de instalar otro sistema operativo no propietario mediante una ranura par CF sin perder el sistema propietario.
- RouterBOARD 333. Características: <http://www.routerboard.com/pdf/rb333b.pdf>
 - o Una de las placas más utilizadas por los desarrollares de redes inalámbricas.
 - o Se basa en el procesador Freescale MPC8321. No tiene FPU.
 - o Gran ventaja de manejar tres interfaces inalámbricas miniPCI de alta potencia.
 - o Viene con el sistema operativo *RouterOS* instalado.
- Alix2C0. Características: <http://www.pcengines.ch/alix2c0.htm>
 - o Se basa en el procesador AMD Geode LX700, es un x86 y posee FPU.
 - o No viene con ningún sistema operativo, posee ranura para CF para instalar uno.
 - o Posee dos ranuras miniPCI que con modificaciones soportará interfaces inalámbricas de alta potencia.
 - o Al ser un sistema x86 se tiene la gran facilidad de trabajar con las distintas aplicaciones de redes conocidas de alto nivel.
- Pronghorn SBC-250. Características: <http://www.adiengineering.com/>

- o Se basa en un procesador Intel IXP425, 533 Mhz. No posee FPU.
 - o Posee dos ranuras miniPCI que soportan interfaces inalámbricas de alta potencia.
 - o No trae un sistema operativo.
 - o Se le puede instalar el que ofrece el mismo fabricante u otro porque posee una ranura para CF.
 - o Suministra más corriente a las interfaces miniPCI comparada con las otras.
- Pronghorn Metro SBC Quad-RadioWireless. Características: <http://www.adiengineering.com/>
- o Consume mucha potencia en comparación a las anteriores.
 - o Maneja 4 interfaces inalámbricas miniPCi de alta potencia
 - o Posee herramientas para manejar tarjetas WiMax.

B.2. Tarjetas de red inalámbrica

[3] Se ha trabajado con tarjetas de dos chipsets diferentes (Intersil Prism 2.5 y Atheros), con modelos que transmiten desde 80mW hasta 600mW. Se recomienda usar como controladores de las interfaces inalámbricas el driver Hostap para el caso de tarjetas con chipset Intersil Prism 2.5 y MadWifi para tarjetas con chipset Atheros.

Mientras que el driver Madwifi permite modificar el valor de ACKtimeout, CTSTimeout y SlotTime, comentados anteriormente y por lo tanto un mejor control de las prestaciones del sistema, el Hostap no permite modificar los valores anteriores, sin embargo, las tarjetas con este driver tienen un valor mayor ACKtimeout, de manera que pueden ser usadas con prestaciones aceptables en enlaces largos de hasta 30km. No obstante, mientras que estas últimas sólo pueden ser configuradas en modo b, distintos modelos con chipset Atheros soportan los estándares 802.11 a,b o g. Ver Tabla B.2.

En conclusión las características deseables son:

- Tarjetas de alta potencia en los estándares 802.11a/b/g.
- Que tengan Chipset Atheros.
- Consumo de corriente apropiada para la placa a utilizar.
- Debe ser de factor de forma miniPCI.

B.3. Pigtaills

[3] Estos se tratan, típicamente, de conectores UFL y MMCX. En el otro extremo los *pigtails* tienen conectores N hembra o macho. Dado que los conectores UFL y MMCX son sumamente pequeños, los pigtaills están fabricados con cables coaxiales muy delgados de mucha atenuación motivo por el cual deben ser lo más cortos posible (típicamente de 30 cm).

B.4. Antenas

[3] Dada la diversidad de situaciones en las que se necesitan las antenas, tales como: PtP, PtMP, con distancia entre los puntos variable, entre centenas de metros y decenas de kilómetros, y con distintas características ambientales de los lugares donde se han instalado, se utilizan multitud de modelos de antenas en función de estos requerimientos.

En GTR-PUCP siempre se ha confiado para la adquisición de estos equipos en la marca *Hyperlink*, ya que es una marca ampliamente disponible y su relación calidad precio es una de las mejores del mercado. Dentro de esta marca y dado que las antenas siempre se instalan a la intemperie, se eligen los modelos específicos para exteriores. A partir de aquí la elección de la antena depende de la ganancia necesaria de la misma para poder realizar el enlace y de la frecuencia en la que se va a realizar. Estos datos se obtienen durante la etapa de diseño de la red. Es importante resaltar que los precios de las antenas aumentan con su ganancia, por lo que un ajuste fino, en lo que a ganancia se refiere, puede suponer grandes reducciones en el costo.

En la banda de 2.4 GHz algunos de los modelos utilizados son:

- Antena de grilla HG2424G de 24 dBi.
- Antena de panel HG2418P de 14dBi.
- Antenas sectoriales HG2414SP-120 y la HG 2414SP-090 de 14 dBi de ganancia cada una y de 120 y 90°de haz, respectivamente.

En la de 5.8 GHz se han utilizado:

- Antena de plato HG5829D de 29 dBi dada su gran ganancia y la posibilidad de instalarle un *radome*, que la dota de mayor aerodinamicidad, fundamental en lugares muy ventosos.
- Antena de grilla HG5827G de 27 dBi y la de panel HG5819P de 19 dBi.

NOTA: Las antenas de grilla tanto de 2.4 GHz como de 5.8 GHz tienen unas abrazaderas un tanto débiles, por lo que en zonas de mucho viento se recomienda emplear un método de sujeción adicional.

Equipo	Procesador	Ram del sistema	Tipo de almacenamiento	Puertos Ethernet	Puertos miniPCI	Alimentación	Precio aprox. (\$)	Referencia del sistema operativo
RouterBOARD 333	Freescale MPC8321, 266.333 MHz, no FPU	64MB	64MB integrada	3	3 tipo A/ B, para alta potencia	12 a 28V DC, fuente de 25W	180	MikroTik Router OS
RouterBOARD 600	Freescale MPC8343E, 266,400,533, Mhz, no FPU	64MB	64MB integrada y 2 ramuras de CF	3, soporta 1000Mbps	4 tipo A/ B, para alta potencia	10 a 56V DC, fuente de 35W	245 habilitado en mayo	MikroTik Router OS
Alix2C0 600	AMD Geode LX700, 433 Mhz, posee FPU	128MB	1 ramura CF	2	2, no menciona alta potencia, pero se hace cambios para alta potencia	7 hasta 20V, fuente de 15W	116	iMedia ALIX Linux Voyage Linux MikroTik Router OS
net4826-48 600	AMD Geode SC1100, 233 Mhz, posee FPU	128MB	256MB de CompactFLASH integrada	1	2, no menciona 4 tipo A, no pero menciona alta potencia	6 a 28V DC, fuente de 15W	200	Voyage Linux
net4526-30 600	AMD ElanSC520, 133Mhz, posee FPU	64MB	256MB de CompactFLASH integrada	1	2, no menciona 4 tipo A, no pero menciona alta potencia	6 a 20V DC, fuente de 10W	150	Voyage Linux
RouterBOARD 532A	MIP-s32 4Kc, 400MHz, no FPU	64MB	128MB integrada y 1 ramura CF	3	2 tipo A/ B más el daughterboards RB502 (\$) se tiene 2 más, para alta potencia	6 a 22V o 25 a 56V DC (por jumper), fuente de 24W	200	MikroTik Router OS
Pronghorn Metro SBC Quad-Radio Wireless	Intel XScale, IXP425, 533 Mhz, no FPU	64MB	16MB soldado y 1 ramura CF	2	4, menciona para alta potencia, cada uno ofrece 6.5W, soporta WiMax	48VDC (SBC-48) o 24VDC (SBC-24)	300	AD LinuxDistribution StarOS, Linux 2.6, OpenWRT, IkarusOS
Pronghorn SBC-250	Intel IXP425 533Mhz, no FPU	64MB	16MB soldado y 1 ramura CF	2	2, menciona para alta potencia, cada uno ofrece 6.5W	5VDC	190	AD LinuxDistribution StarOS, Linux 2.6, OpenWRT, IkarusOS

Cuadro B.1: Comparación de SBCs para aplicación de redes inalámbricas.

Interfaces	Estándar	Potencia máx en g (dbm)	Potencia máx en a (dbm)	Conector antena	Sensibilidad	Corriente
SR2	g	26 @ 1-24Mbps	-	1 U.FL y 1 MMCX 12 Mbps -91 dBm	6 Mbps -94 dBm	1.1
R52H	ag	26 @ 6Mbps	26 @ 6Mbps	2 U.FL	6 Mbps -90dBm ag	0.8
SR5	a	-	26 @ 6-24Mbps	1 U.FL y 1 MMCX 12 Mbps -91 dBm	6 Mbps -94 dBm	1.3
XR2	g	28 @ 1-24Mbps	-	1 U.FL y 1 MMCX 12 Mbps -91 dBm	6 Mbps -94 dBm	1.3
XR5	a	-	28 @ 6-24Mbps	1 U.FL y 1 MMCX 12 Mbps -91 dBm	6 Mbps -94 dBm	1.8
EMP -8602+S	ag	27 @ 6-24Mbps	22 @ 6-24Mbps	2 U.FL 6 Mbps -92 dBm g	6 Mbps -90 dBm a	1
WLM54A -26dbm	a	-	26 @ 6-24Mbps	1 U.FL y 1 MMCX	6 Mbps -90 dBm a	1.5
WLM54G -6B-30	g	30 @ 6-24Mbps	-	1 U.FL y 1 MCX	6 Mbps -90 dBm g	1.5

Cuadro B.2: Comparación de tarjetas inalámbricas para Wi-Fi de larga distancia.



Pruebas de Campo para placas MIKROTIK

C.1. Ejecución del protocolo de pruebas. Placas MIKROTIK

[3] Protocolo de pruebas de las placas MIKROTIK usando una PC con Linux:

1. Acceder como superusuario:

```
#sudo su
```

2. Acceso al routeboard:

- Acceso por ssh:

```
root@lima:~#ifconfig eth0 10.10.30.5 netmask 255.255.255.0
```

```
root@lima:~#route add default gw 10.10.30.1
```

```
root@lima:~# ssh admin@10.10.30.1
```

```
[admin@hregional-mw1] > quit
```

- Acceso por serial:

```
root@lima:~# chmod 777 /dev/ttyUSB0
```

```
root@lima:~# cu -l /dev/ttyUSB0 -s 115200
```

```
user: admin
```

3. Hacer ping (al final sale la estadística):

```
[admin@MikroTik] > ping 10.10.30.1 count=20
```

```
20 packets transmitted, 20 packets received, 0% packet loss round-trip min/avg/max  
= 1/1.0/1 ms
```

4. Ver las IP de las interfaces:

```
[admin@MikroTik] > ip address print
```

5. Verificación de las interfaces si están o no activas:

```
[admin@MikroTik] > interface print
```

6. Ver las MAC de cada interfaces de red, las ethernet y las inalámbricas:

```
[admin@MikroTik] > interface ethernet print
```

```
[admin@MikroTik] > interface wireless print
```

7. Configurar las interfaces inalámbricas:

```
[admin@MikroTik] > interface wireless set wlan1
```

Al seleccionar mode=ap/sta cambiamos de AP a STA.

8. Para habilitar servicios como ftp, ssh, telnet, se activa con la opción enable:

```
[admin@MikroTik] > /ip service disable ftp
```

9. Verificar la seguridad wireless, su tipo y las claves:

```
[admin@MikroTik] > /interface wireless security-profiles print
```

10. Hacer un respaldo (backup) de la configuración:

```
[admin@nodob] > system backup save name=backup-hregional-21n2
```

Para ver el archivo backup-hregional-21n2.backup:

```
[admin@nodob] > file print
```

Restaurando una configuración previamente subida al equipo:

```
[admin@nodob] > system backup load name=backup-nodoc.backup
```

Restore and reboot? [y/N]:

Desde una PC externa a la routerboard se conecta por ftp para guardar el backup en la PC o subir un backup al routerboard.

```
root@laptop:~# ftp 11.11.11.1
```

```
Connected to 11.11.11.1.
```

```
Name (11.11.11.1:gtr-rvr): admin
```

```
Password:
```

- Para guardar el backup:

```
ftp> binary
```

```
ftp> get backup-nodoc.backup
```

```
ftp> quit
```

- Para subir un backup:

```
ftp> binary
```

```
ftp> put backup-nodoc.backup
```

```
ftp> quit
```

Si son varios archivos se puede usar mget o mput respectivamente.

C.1.1. Pruebas de nivel de señal de los radioenlaces. Placas MIKROTIK

1. Para escanear las redes inalámbricas:

```
[admin@MikroTik] > interface wireless scan wlan1
```

Únicamente es posible actuando como estación cliente, nunca como AP.

2. Observar los parámetros Wi-Fi como nivel de recepción, ruido, y la calidad del enlace:

```
[admin@nodoa] > interface wireless monitor wlan1
```

El monitoreo se puede realizar únicamente como estación cliente, nunca como AP.

3. Ver la recepción de la señal desde un AP:

```
[admin@nodoa] > interface wireless registration-table print
```

El comando se refiere a:

Interface wireless: Opera usando el grupo de estándares IEEE 802.11.

Registration-table: Información sobre los clientes actualmente conectados.

print: Ver redes inalámbricas.

Los resultados que se obtienen son:

interface (read-only): Número de la interfaz a la cual está registrado el cliente.

radio-name: Nombre descriptivo de la tarjeta.

mac-address (read-only): Dirección MAC de la tarjeta inalámbrica transmisora.

AP (read-only): Si el dispositivo conectado es un AP o no.

signal-strength (read-only): Potencia media de la de la señal recibida en el cliente enviada por el AP.

tx-rate (read-only): Tasa de transmisión de datos.

uptime (read-only): Tiempo en el que el cliente está asociado con el AP.

C.1.2. Pruebas de ancho de banda. Placas MIKROTIK

1. Prueba de rendimiento, empleando la MIKROTIK (dos tipos con protocol=udp y protocol=tcp, la IP es la del equipo remoto):

```
[admin@MikroTik] > tool bandwidth-test 10.10.30.1 user=admin  
password=***** protocol=udp duration=60
```

bandwidth-test: Puede ser usado para monitorear el rendimiento sólo para un router remoto Mikro Tik y de ese modo ayudar a descubrir cuellos de botella de la red.

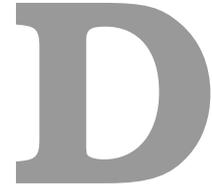
El test TCP usa el protocolo TCP estándar con acuse de recibo y sigue el algoritmo TCP sobre cuantos paquetes a enviar de acuerdo con la latencia, paquetes perdidos y otras características del algoritmo TCP. Las estadísticas del rendimiento son calculadas usando el tamaño total del paquete TCP. Como los acuses de recibo son un trabajo interno para TCP, su tamaño y uso de la conexión no está incluida en las estadísticas del rendimiento. Por lo tanto estas estadísticas no son tan fiables como las de UDP cuando estimamos el rendimiento.

El test UDP envía 110 % o más paquetes de los que actualmente son reportados como recibidos en el otro lado del enlace. Para ver el máximo rendimiento de un enlace, el tamaño del paquete se debe fijar al máximo MTU permitido por el enlace, normalmente 1500 bytes. UDP no requiere acuse de recibo, esta implementación significa que se puede ver la aproximación más cercana.

Los resultados del test son:

duration: Duración del test (s).

rx-current: Ancho de banda actual que se recibe (Mbps).
rx-10-second-average: Media del ancho de banda recibido en los últimos 10 segundos (Mbps).
rx-total-average: Media total del ancho de banda (Mbps).
lost-packets: Paquetes perdidos.
random-data: Datos aleatorios.
direction: Dirección del test (receive/transmit/both) rx-size: Tamaño de la recepción.
status: Estado del test.



Pruebas de Campo para placas ALIX

D.1. Ejecución del protocolo de pruebas. Placas ALIX

[3]

1. Se utiliza el comando `iwconfig`, que nos dará la información de cómo está configurada la tarjeta inalámbrica:

```
nombren2:~# iwconfig ath0
```

```
nombren1:~# iwconfig ath1
```

Si en los nodos Managed se observa la MAC del AP, con esto se puede asegurar que existe enlace entre el STA y el AP. Además con el resultado de ésta información se debe verificar el nombre la red Wi-Fi, el canal, la potencia configurada, la velocidad máxima, y la seguridad apoyada de otros archivos.

Con dicho comando se obtienen los siguientes datos:

Essid: Nombre de la red.

Nickname: Nombre de la estación.

Mode: Modo de operación del dispositivo, depende de la topología de red. Managed (nodo conectado a una red compuesta por varios AP), Master (el nodo actúa como AP).

Frequency: Frecuencia en GHz.

Access Point: Dirección del AP.

Bit Rate: Tasa de bit (Mb/s).

Tx-Power: Potencia de transmisión (dBm).

Sensibility: Umbral de sensibilidad. El menor nivel de señal que el HW puede considerar que recibe paquetes útiles.

Retry: Número de retransmisiones.

RTS thr: Umbral RTS. RTS añade un handshake antes de cada transmisión de paquetes para asegurarse que el canal está desocupado. Esto provoca sobrecarga pero mejora el rendimiento en el caso de nodos ocultos o un gran número de nodos activos. Este parámetro se refiere al menor tamaño de paquete para el que el nodo envía RTS.

Fragment thr: Umbral de fragmentación. La fragmentación permite dividir un paquete IP

en una ráfaga de menores fragmentos. En la mayor parte de los casos esto provoca sobrecarga, pero en un entorno con mucho ruido reduce el error y permite que los paquetes pasen a través de las ráfagas interferentes. Este parámetro se refiere al máximo tamaño de fragmento.

Encryption key: Clave de encriptación y cifrado y modo de seguridad. Dígitos hexadecimales.

Security Mode: Modo de seguridad (open/restricted).

Power Management: Administración de potencia.

Link Quality: Calidad de la conexión (Nivel de capacidad de acceso o interferencia, la tasa de error de bit o de trama, cómo de buena es la señal recibida,...).

Signal level: Potencia de la señal recibida (cómo de fuerte es la señal recibida).

Noise level: Nivel de ruido de fondo (cuando no se transmiten paquetes).

Rx invalid nwid: Número de paquetes recibidos con un NWID o ESSID diferentes. Usado para detectar problemas de configuración o la existencia de una red contigua (en la misma frecuencia).

Rx invalid crypt: Número de paquetes que el hardware no puede desencriptar. Puede ser usado para detectar ajustes de encriptación inválidos.

Rx invalid frag: Número de paquetes para los cuales el HW no es capaz de reensamblar correctamente los fragmentos de la capa de enlace (lo más seguro es que uno se perdió).

Tx excessive retries: Número de paquetes que el hardware falló en la entrega. La mayoría de los protocolos MAC reintentarán el envío del paquete un número de veces antes de abandonar.

Invalid misc: Otros paquetes perdidos en relación con funcionamiento inalámbrico específico.

Missed beacon: Número de tramas periódicas perdidas de la celda al AP. Las tramas son enviadas en intervalos regulares para mantener la coordinación de la celda, un fallo en la recepción suele indicar que la tarjeta está sin señal.

2. Con el siguiente comando se observará las potencias configurables en las tarjetas inalámbricas.

```
nombren2:~# iwlist ath0 txpower
```

3. Se debe verificar los parámetros TCP/IP de cada interfaz de red. La IP y la máscara de red se observa con el comando ifconfig:

```
nodo-a: # ifconfig ath0
```

```
nodo-a: # ifconfig ath1
```

4. Ping normal entre las interfaces del enlace.

Se prueba la conectividad con el comando ping. Además de observar si la otra interfaz responde al ping; se debe observar la regularidad de los ping y la pérdida de paquetes. Para esta prueba se debe hacer un ping de unos 30 paquetes y por cada AP - STA del enlace.

El resultado de los ping está relacionados con la distancia del enlace y con nivel y calidad de la señal.

```
voyage: # ping 11.11.11.1 -c 40
```

Si se obtiene resultados muy alejados de lo aceptable; se debe cambiar la distancia; cambiando en pasos de 100m hasta encontrar el más óptimo.

Un ping con mayor bytes transmitidos muestra una aproximación de la carga que puede soportar el enlace; esto se observa en la regularidad del tiempo de transmisión de paquetes y la pérdida de éstos. La pérdida de paquetes debe ser muy baja o casi nula comparada con la cantidad que se está enviando en total.

```
voyage: # ping 11.11.11.1 -c 50 -s 1500
```

En este ejemplo se transmiten 1500 bytes.

5. Verificación de la tabla de rutas y la ruta de salida.

Se debe revisar que las redes a las que se desea acceder estén en la tabla de rutas de los equipos que conforman el enlace; además de la ruta por defecto si se ha configurado. En la tabla se observa las redes accesibles y no los equipos accesibles; para esto se usa, el comando route, con él se pueden ver las redes accesibles (Flag con UG) inclusive si se está usando OSPF.

```
nodo-b: # route -n
```

Los resultados que se obtienen son destination, gateway, genmask, flags, metric, ref, use e iface (interfaz).

Si se trabaja con enrutamiento dinámico las redes accesibles aparecerán en la tabla de rutas; si alguno no aparece se debe comprobar; quizás el problema es que ciertos enlaces estén caídos; para esto se puede usar traceroute.

```
nodo-b: # traceroute 10.1.4.2
```

Si se trabaja con enrutamiento estático necesariamente se debe comprobar el acceso a la red con el comando traceroute para verificar que la red es accesible. Si el equipo tiene salida a Internet se debe comprobar:

```
nodo-b: # ping www.google.com -c 5
```

6. Ping a todas las interfaces de red.

Una vez revisado las rutas, se debe hacer ping (con una cantidad de 20 paquetes) desde cada equipo que conforma el enlace hacia el resto de las interfaces de la red y observar si a todos se llega correctamente o no. Anotar además posibles retardos o pérdida de paquetes hacia una interfaz en particular para su revisión posterior cuando se esté en ese nodo.

7. Conectividad en una red troncal.

Para comprobar esta conectividad se hace ping desde uno de los extremos de la troncal hacia el resto de las interfaces de la red y observar si a todos se llega correctamente o no y se mide el rendimiento de la troncal. Se recomienda realizar la prueba del rendimiento con el iperf con un tiempo total de unos 50s a más.

D.1.1. Pruebas de nivel de señal de los radioenlaces. Placas ALIX

1. Para escanear los AP desde un STA:

```
nodo-b: # iwlist ath0 scan
```

Entre los resultados que se obtienen están:

ESSID: Nombre de la red.

Mode: Modo (Master/Managed).

Frequency y channel: Frecuencia y canal en el que está trabajando.

Signal level: Nivel de señal (dBm). En largas distancias se puede asumir que se debe lograr un nivel de entre -65dBm y -75dBm

Quality: Calidad. En largas distancias se debe lograr una calidad de unos 20dB.

2. Cantidad de clientes conectados al AP.

Según el diseño se debe comprobar que todos los clientes estén conectados al AP.

```
voyage: # cat /proc/net/Madwifi/ath0/associated_sta
```

D.1.2. Pruebas de ancho de banda. Placas ALIX

1. Medida de ancho de banda y rendimiento de una conexión entre dos hosts, empleando una ALIX.

Esta prueba está relacionada directamente con la distancia configurada. Tenga en cuenta la relación que existe entre el nivel de ruido y la velocidad configurada. Se recomienda realizar la prueba por unos 50s a más y por cada AP - STA del enlace y anotar el rendimiento por cada intervalo de tiempo de la prueba y el rendimiento promedio al finalizar la prueba.

Se utiliza el comando iperf, se trata de una herramienta cliente-servidor, por lo que hay que ejecutar iperf en dos máquinas, una hará de cliente y otra de servidor.

```
nombren2:~# iperf -s
```

```
nombren1:~# iperf -c eth0-n2 -t 60 -i 5
```

iperf -s: Ejecuta iperf como servidor. Se encuentra a la escucha en el puerto2.

iperf -c eth0-n2: Ejecuta iperf como cliente. Se conecta con el servidor (eth0-n2) y se envían una serie de paquetes para calcular el ancho de banda en la conexión. Se pueden utilizar parámetros como por ejemplo -t 60 -i 5, para ajustar la duración de la transmisión en 60 segundos, en intervalos de 5 segundos.

Otros parámetros que se pueden emplear como servidor son:

-D como servicio.

-R remover servicio.

-u recibir datagramas UDP, en vez de TCP por defecto.

-P x número de conexiones simultáneas.

-m muestra MTU (depende del sistema operativo).

-w especifica el tamaño de ventana (TCP). Muy útil para ir calculando nuestro tamaño de

ventana más óptimo según las mediciones de ancho de banda.

-f[bkmBKB] mostrar resultados en bits/s, kilobits/s, megabytes/s, Bytes/s, KiloBytes/s, MegaBytes/s (s=segundos).

Otros parámetros que se pueden utilizar como cliente:

-i segundos especifica un intervalo, medido en segundos, en el cual se volverá a realizar la medición.

-t segundos tiempo duración transmisión. Hace más fiable la medida.

-T ttl especifica valor TTL.

-p especifica puerto en el que escucha el servidor.

-m muestra MTU (depende del sistema operativo).

-u envío de UDP en vez de TCP por defecto. Podemos medir también pérdida de paquetes.

-w (lo mismo que para servidor).

-f[bkmBKB] (igual que lo comentado como servidor).



E.1. Sistema Operativo Linux Voyage

Sitio web: <http://www.voyage.hk/>. [3]

- Basado en la distribución Debian Sarge r3.1/Etch r4.0/Lenny r5.0, tomando solo las aplicaciones necesarias. Está optimizada para plataformas x86 de propósito específico tales como las placas de PC Engines ALIX/WRAP o las de Soekris 45xx/48xx.
- La instalación típica requiere un espacio en disco de 128MB, aunque una mayor capacidad de almacenamiento permite que se puedan instalar otros paquetes adicionales.
- La capacidad del sistema se puede incrementar de acuerdo a las necesidades por medio del manejo de la aplicación apt.
- Kernel Linux 2.6.
- Total soporte para placas PC Engines ALIX/WRAP.
- Soporte Wi-Fi.
- Soporte para diversos drivers de redes inalámbricas como madwifi, hostap, prism54, etc.
- Soporte WPA vía hostapd y wpa_supplicant.
- Soporte WDS vía drivers hostap y madwifi.
- Adecuado para ejecutarlo con características como firewall, access point inalámbrico, gateway de VoIP, etc.
- No contiene todas las aplicaciones para implementar redes de datos; contiene sólo lo básico; como los controladores para el manejo de las interfaces Ethernet y para el manejo de las interfaces inalámbricas en base a chipset Atheros.

E.1.1. Voyage GTR

El GTR-PUCP ha adaptado Voyage 0.5.2 para la implementación de enlaces inalámbricos Wi-Fi de larga distancia. A esta Voyage, más sus aplicaciones adaptadas se le llama Voyage GTR

que puede descargarse desde este enlace: http://gtr.telecom.pucp.edu.pe/webfm_send/987.

Un router de larga distancia debe contener ciertas aplicaciones para poder implementar redes Wi-Fi de larga distancia; a Voyage le faltaría implementar:

- Configuración rápida y cómoda de las interfaces de red.
- Enrutamiento estático, NAT y DHCP.
- Implementar seguridad WPA-PSK.
- Enrutamiento dinámico.
- Telefonía IP.
- Configuración vía web.

Estas características se ha implementado en Voyage GTR, pero además se ha tenido cuidado en que todas estas aplicaciones trabajen conjuntamente y que Voyage GTR tenga las herramientas necesarias para su trabajo en entornos rurales. Estas herramientas son:

- Administración de la memoria y del espacio de disco.
- Conservación y borrado de registros de sistema (logs).
- Creación de archivos de respaldo.
- Apagado, reinicio y conservación de fecha.

E.1.2. Instalación y configuración de Voyage GTR

- Instalación de Voyage GTR.

Para instalar Voyage GTR en una Compact Flash (CF) se introduce la memoria CF en el lector/grabadora de memorias USB y se conecta a una PC con Linux y se ejecuta el script de instalación. Para la instalación se recomienda trabajar como usuario root en la PC; se debe obtener la versión de Voyage GTR junto al script que permite su grabado; ambos se podrían guardar en la carpeta /root/. Ahora se ejecuta el script que permite el grabado de Voyage GTR.

```
root@gtrdesktop: # bash grabar-voyage-gtr
```

Si no se muestra ningún tipo de error o advertencia se puede dar por finalizada la grabación y se puede extraer la CF y desconectar la lectora/grabadora del puerto USB.

- Acceso inicial por puerto serial o por Ethernet.

Una vez instalado Voyage en la CF, ésta se coloca en la placa ALIX y se procede al acceso; para esto se usará una PC con Linux y un cable serial nulo; será necesario un adaptador serial-USB si la PC carece de puerto serial. Sin encender la placa ALIX, se procede a conectar el cable serial a la PC y a la placa ALIX; en un terminal, como administrador, se ejecuta los siguientes comandos:

Con puerto serial:

```
# chmod 777 /dev/ttyS0  
# cu -l /dev/ttyS0 -s 38400
```

Con puerto serial y adaptador serial-USB:

```
# chmod 777 /dev/ttyUSB0
# cu -l /dev/ttyUSB0 -s 38400
```

Al energizar la placa ALIX, en el terminal se podrá observar como se carga Voyage Linux hasta que se pida el ingreso del usuario y la contraseña; por defecto el usuario es root y la contraseña es voyage. El uso del puerto serial es muy importante porque nos permite ingresar a los equipos sin usar sus interfaces de red y en caso de fallas para observar los problemas en el equipo. El puerto Ethernet eth0 de la placa esta configurado por defecto con la IP 11.11.11.1/24; por lo cual en un inicio se puede ingresar por este puerto con ssh. Para ingresar se usará un cable cruzado y una vez que la placa este encendida y cargado el sistema operativo (alrededor de un minuto) se puede hacer:

```
# ssh root@11.11.11.1
```

Después de esto se pedirá el ingreso de la clave, en éste caso inicial será voyage.

- Edición de archivos.

La partición donde se instala Voyage GTR inicialmente carga en modo lectura.

```
voyage: # mount
```

Para editar los archivos y carpetas se debe pasar el sistema al modo escritura.

```
voyage: # remountrw
```

Cuando acabe se debe regresar el sistema al modo escritura.

```
voyage: # remountro
```

- Guardar archivos o carpetas de /rw.

Todo lo modificado o creado en /rw se perderá después de un reinicio; pero existe la posibilidad de guardar estas modificaciones; en el archivo /etc/voyage.conf, específicamente en la variable VOYAGE_SYSTEM_SYNCDIRS se indica que carpeta o carpetas (por ende su contenido) se desea guardar; en la variable VOYAGE_SYSTEM_SYNCFILES se indica que archivo o archivos se desea guardar. Debe descomentar estas variables si se van a usar.

Una vez que reinicia el equipo todo el contenido de las carpetas o archivos seleccionados para guardar se guardarán, incluyendo su contenido, en /ro; cuando el sistema cargue después del reinicio, en /rw estará lo guardado.

```
voyage: # cat /etc/voyage.conf
#
# This file generated automatically by copyfiles.sh
# on Tue Jul 15 15:40:18 PET 2008
#
VOYAGE_PROFILE=ALIX
VOYAGE_SYSTEM_CONSOLE=serial
# VOYAGE_SYSTEM_SYNCDIRS="/var/log"
# VOYAGE_SYSTEM_SYNCFILES="/var/log/syslog /var/log/kern.log"
VOYAGE_SYSTEM_SERIAL=38400
VOYAGE_SYSTEM_PCMCIA=no
VOYAGE_SYSTEM_MODULES="lm90; w83627hf; scx200_acb base=0x810,0x820; geodewdt;
led-class; leds-alix; ledtrig-heartbeat; ledtrig-timer"
```

```
SYSTEM_ BOOTSTRAP=grub
```

Si ya no se desea seguir guardando, se comentan de nuevo las variables.

- Configuración previa a cualquier aplicación en Voyage GTR.
Dar nombre al equipo, editar `/etc/hostname`; el nombre del equipo no debe contener puntos ni espacios en blanco o caracteres extraños.

```
voyage: # cat /etc/hostname
```

Dar una clave al sistema.

```
voyage: # passwd
```

Si el equipo no va a ser un servidor de tiempo, se puede indicar un servidor o servidores NTP editando la variable `NTPSERVERS`.

```
voyage: # cat /etc/default/ntpdate
...
# NTPSERVERS="0.debian.pool.ntp.org 1.debian.pool.ntp.org 2.debian.pool.ntp.org
3.debian.pool.ntp.org"
NTPSERVERS="200.16.6.80"
...
```

Configurar el reinicio del equipo; editar el archivo `/etc/cron.d/reboot-board` y descomentar la opción de reinicio aleatorio de entre las 4 y 4:30 horas cada sábado o reinicio a las 4 horas todos los días. También se puede configurar uno particular.

```
voyage: # cat /etc/cron.d/reboot-board
```

- Obtención de respaldo de la configuración de las aplicaciones en Voyage GTR.
Para sacar un respaldo de la configuración hecha en Voyage GTR se debe indicar que archivo o carpeta se debe respaldar; esto se indica en el archivo de configuración `/etc/backup.list`; originalmente éste archivo contiene una lista de los archivos y/o carpetas que deberían ser respaldados; si en esta lista no se encuentra una carpeta o archivo en particular se adiciona línea por línea. Después se ejecuta el script `mgbbackup` con la opción `backup`:

```
red-sur: # mgbbackup backup
```

Si no se muestra error en la creación del respaldo, se creará en `/opt` un archivo comprimido con el nombre del equipo. La opción Archivos de configuración mostrada al ejecutar el script que permite el grabado de Voyage GTR en la CF, se utilizará para indicar el archivo de respaldo que se copiará en esta grabación de Voyage GTR; es decir Voyage GTR que se obtendrá aquí será idéntica en configuración de Voyage GTR de donde se sacó el respaldo.

- Verificación del espacio ocupado y disponible.
Dependiendo del tipo de router se debe observar el espacio disponible en el disco total y en las particiones críticas. Normalmente es necesario que se tenga al menos la mitad de espacio disponible en cada partición, si se tiene ocupando más de la mitad, se debe eliminar archivos innecesarios y vigilar. Anotar el espacio ocupado y disponible de las particiones críticas del equipo.

En el router GTR se tiene dos particiones críticas que son la `/ro` y `/rw`.

```
voyage: # df -l
```

Filesystem	1K-blocks	Used	Available	Use%	Mounted on
rootfs	998808	272816	675256	29%	/
udev	10240	20	10220	1%	/dev
/dev/disk/by-label/ROOT_ FS					
	998808	272816	675256	29%	/
/dev/disk/by-label/ROOT_ FS					
	998808	272816	675256	29%	/dev/.static/dev
tmpfs	63384	0	63384	0%	/lib/init/rw
tmpfs	63384	0	63384	0%	/dev/shm
tmpfs	32768	664	32104	3%	/rw

- Verificación del espacio de RAM libre y de CPU desocupado en un instante. Esto dará una idea de cuanta RAM o CPU se está usando en el equipo para prevenir un uso excesivo de los recursos del sistema. Si se tiene un uso alto se debe seguir vigilando para asegurarse que quizás sólo sea un instante donde muchas aplicaciones estén con mucho trabajo. El uso excesivo se da generalmente en pocos instantes y con poca duración, en este instante se puede llegar a más de 60 % de RAM y casi 100 % de CPU; pero en el resto del tiempo generalmente se debe tener un consumo de alrededor de 20 % de RAM; y el CPU debe estar casi en 90 % si uso. Anotar el espacio de RAM libre en un instante de trabajo normal y el de CPU desocupado en un instante de trabajo normal.

```
gtr-v106: # free
```

	total	used	free	shared	buffers	cached
Mem:	126768	47564	79204	0	2604	25148
-/+ buffers/cache:		19812	106956			
Swap:	0	0	0			

```
gtr-v106: # top
```

```
top - 15:01:42 up 10:43, 1 user, load average: 0.01, 0.02, 0.00
Tasks: 34 total, 1 running, 33 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
Cpu(s): 1.3% us, 1.0% sy, 0.0% ni, 95.4% id, 0.0% wa, 0.3% hi, 2.0% si, 0.0% st
Mem: 126768k total, 68964k used, 57804k free, 2800k buffers
Swap: 0k total, 0k used, 0k free, 45956k cached
...
```

- Verificación de la fecha del sistema y del último reinicio. Tomar la fecha del sistema para saber si está sincronizando o no con el servidor de tiempo. Se recomienda que esté sincronizado; si no lo está por motivos de red se podría fijar la fecha manualmente. Además se debe evaluar el correcto reinicio programado del router, se puede evaluar observando el último reinicio del equipo. Anotar la fecha del sistema y la fecha del último reinicio del sistema.

```
gtr-v106: # date
Fri May 8 15:05:18 PET 2009
```

```
gtr-v106: # date -set "05/11/09 14:51"
```

```
voyage: # uptime
14:29:10 up 10:10, 1 user, load average: 0.00, 0.00, 0.00
```

E.1.3. Configuración de Redes con Voyage GTR

- Configuración de las interfaces de red.

Para empezar a configurar las interfaces de red se debe asegurar que el sistema reconozca los dispositivos; para esto se puede hacer:

```
voyage: # lspci
```

Además se debe asegurar que el sistema disponga de los controladores para estos dispositivos, aunque esto ya se ha hecho al implementar Voyage Gtr; se puede observar en `/var/log/syslog` una vez que el sistema este cargado.

```
voyage: # cat /var/log/syslog |grep wifi
```

```
voyage: # cat /var/log/syslog |grep eth
```

Los archivos de configuración están editados con una plantilla que se puede modificar o adicionar. En el archivo `/etc/network/interfaces` se especifica la configuración de las interfaces de red. En este archivo no se pone la ruta por defecto, eso se hará en `/etc/network/natstatic-routes`.

- o Configuración de Ethernet y de Bridge Ethernet.
Para configurar las interfaces Ethernet se descomenta las líneas correspondientes y se cambiará la IP/Máscara de red si es necesario.

```
auto eth0
iface eth0 inet static
    address 10.10.10.1
    netmask 255.255.255.240

#auto eth1
#iface eth1 inet static
#    address 11.11.11.1
#    netmask 255.255.255.0
```

Si se desea crear bridge, sólo se podrá hacer entre las Ethernet; se debe descomentar el bloque del bridge y poner la IP/Máscara de red; además la configuración de las interfaces involucradas deben ser comentadas.

```
auto br0
iface br0 inet static
    address 11.11.10.1
    netmask 255.255.255.0
    bridge_ports eth0 eth1
    bridge_stp off
    bridge_maxwait 5
```

- o Configuración de las interfaces Wi-Fi.
Se debe elegir si es AP ó STA, configurar los parámetros Wi-Fi, establecer seguridad y configurar de la IP/MASK.

Si es AP se descomenta las líneas:

```
 #-ap
```

```
ath_parent wifi0
ath_vaptype ap
```

Si es STA se descomenta las líneas:

```
#-cliente
ath_parent wifi0
ath_vaptype sta
#ath_vapopts nosbeacon
```

Sólo en el caso de que en una placa se mezclen AP y STA la línea #ath_vapopts nosbeacon del STA deberá ser descomentada.

Algunos parámetros Wi-Fi son obligatorios, se cambiará de valor según sea necesario.

```
#-otros parametros wifi
ath_distance 19800 (metros) cada interfaz de un mismo enlace debe estar configurado con la misma distancia; si se tiene varios STA se coloca la distancia más larga entre el AP y el STA (NOB).
ath_diversity 0 puede ser 1 habilitado o 0 deshabilitado (NOB)
ath_txantenna 1 puede ser 1 o 2; se refiere al conector de la tarjeta inalámbrica donde será conectado la antena para transmitir; si ath_diversity es 1 no interesa su valor
ath_rxantenna 1 puede ser 1 o 2; si ath_diversity es 1 no interesa su valor
ath_txpower 23 está dado dBm, si se pone debe ser un valor valido, puede ser de 0 a 30, se debe conocer antes según la tarjeta inalámbrica (NOB)
ath_wirelessmode 11g puede ser 11a o 11g (OB)
ath_ssid EHAS1 nombre de la red (OB)
ath_channel 11 puede ser 1 al 11 en 2.4GHz o 36 al 160 en 5.8GHz (OB si es AP)
ath_rate 9M puede ser 6M, 9M, 12M ... 54M (NOB)
```

(NOB: no obligatorio, OB: obligatorio)

Para la seguridad; se puede elegir si se usa WEP o WPA-PSK; si se usa WEP aquí se pone la clave que debe ser en hexadecimal; si se usa WPA2-PSK se descomenta el bloque respectivo si es STA o AP; y se debe editar el archivo mencionado donde se cambiara el nombre de la red y la clave WPA2-PSK.

Si se usa WEP; se habilita y además se configura la clave; se elige 10 números hexadecimales (WEP de 64b) o 26 (WEP de 128b).

```
#-seguridad wep
ath_security wep
ath_wep_key1 12345ABCDE
```

Si se usa WPA2-PSK en una AP se habilita:

```
#-seguridad wpa-psk ap
ath_security wpa2
ath_wpa_cfgfile /etc/hostapd/hostapd-ath0.conf
```

Si se usa WPA2-PSK en una STA se habilita:

```
#-seguridad wpa-psk sta
wpa_driver madwifi
wpa_conf /etc/wpa_supplicant/wpasupplicant-ath0.conf
```

Por último se configura la IP y la Máscara de red de la interfaz.

```
#-ip y netmask
address 10.10.1.2
netmask 255.255.255.240
```

Si se ha elegido seguridad WPA2-PSK además de habilitar las opciones se debe editar los archivos adicionales; donde sólo se cambiará el nombre de la red y la clave WPA2-PSK (en caracteres y debe ser desde 8 a 63 caracteres). Existe un archivo plantilla para cada interfaz dependiendo si es STA o AP.

Si se está configurando un cliente que es ath0 entonces se edita /etc/wpa_supplicant/wpasupplicant-ath0.conf y se cambia el ESSID y la clave WPA2-PSK.

```
...
ssid="LOCAL0"
scan_ssid=1
...
priority=10
psk="gtrcaswifi"
#psk=70df87c28aee0e42b49f55450df0f822200933fff3968406176fbcd41eb9a8a72
```

Si se esta configurando un AP que es ath2 entonces se edita /etc/hostapd/hostapd-ath2.conf y se cambia el ESSID y la clave WPA2-PSK.

```
...
ssid=LOCAL2
...
wpa_passphrase=gtrcaswifi
```

Para activar los cambios realizados se ejecuta /etc/init.d/networking restart además se actualiza la configuración hecha /etc/network/statics-routes-nat.

- Configuración del enrutamiento estático, gateway y NAT.

Para poner en la ruta por defecto, NAT o rutas estáticas se usa el archivo /etc/network/nat-static-routes, donde se encuentran variables que serán habilitadas según el uso. Si el equipo debe tener una ruta por defecto se habilita la variable DEFAULT_GW, y se pone la dirección IP de la ruta por defecto (gateway).

```
DEFAULT_GW="10.13.1.2"
```

Si se desea adicionar rutas estático se habilitando la variable ROUTEX (donde X es 1,2,3...100) y en cada una se pone la red, la máscara de red y la salida por donde se accederá a esta red; además se pone la métrica.

```
ROUTE1="10.14.1.0/28 10.13.1.2 1"
```

Si se adiciona otra ruta se van adicionando variables numeradas. Esta limitado hasta 100 variables.

Para NAT sólo se optará por habilitar o no habilitar; si se habilita se descomenta la variable DEFAULT_NAT y se elige la interfaz que hará de NAT en el equipo.

```
DEFAULT_NAT= "eth1"
```

Al ejecutar /etc/init.d/networking restart se actualiza la configuración hecha en /etc/network/interfaces y en /etc/network/statics-routes-nat.

Si se va a usar OSPF, se recomienda configurar las rutas estáticas en zebra.conf y no hacerlo en este archivo.

- Configuración del enrutamiento dinámico con OSPF.
Para ver los archivos usados en el enrutamiento con OSPF se utiliza:

```
curco-2n2:/etc/quagga# ls
```

En /etc/quagga/daemons se pone en yes si se desea usar OSPF.

En zebra.conf; antes de todo se pone un nombre que podría ser el mismo que en ospfd.conf.

```
Hostname ospf-voyage
```

Se habilita las interfaces involucradas en el enrutamiento; se descomenta el bloque respectivo. Además se puede cambiar el ancho de banda, por defecto esta en 10MB.

```
interface ath0
bandwidth 10000000
ipv6 nd suppress-ra
```

Si este equipo pertenece a una red OSPF y está conectado a un equipo vecino que no pertenece a una red OSPF y además existe redes detrás de este equipo vecino; entonces si se quiere que la red OSPF acceda a éstas redes; entonces en éste archivo de debe especificar la ruta para llegar a esa red indicando por donde se llegaría y además de la distancia. En resumen se está adicionando rutas estáticas en una red OSPF.

```
ip route 10.14.1.0/28 10.13.1.2 1
```

Si hay más redes se debe adicionar más líneas de estas.

Aquí también se puede poner la ruta por defecto del equipo; pero será mejor hacerlo en /etc/network/nat-static-routes.

Para la configuración en si del OSPF se edita el archivo /etc/quagga/ospfd.conf. Se pone un nombre.

```
hostname ospf-voyage
```

Se debe habilitar las interfaces involucradas descomentando los bloques respectivos; además se debe poner un costo (valor entero), para que no se use el ancho de banda configurado en `zebra.conf`.

```
interface ath2
ip ospf cost 10
```

Ahora se debe especificar el identificador del equipo en la red OSPF, es importante este valor y debe ser distinto en la red OSPF (al menos en una misma área).

```
ospf router-id 0.0.1.2
```

Ahora se debe poner las redes locales involucradas en la red OSPF; indicando Red/Máscara y el área al cual pertenece.

```
network 10.10.1.0/28 area 0.0.0.0
network 10.10.2.0/28 area 0.0.0.0
network 10.11.1.0/28 area 0.0.0.1
network 10.21.1.0/28 area 0.0.0.2
```

Si este equipo es el límite entre áreas OSPF se debe indicar las redes que están el área que no sea el cero.

```
area 0.0.0.1 range 10.11.0.0/16
area 0.0.0.1 range 10.12.0.0/16
area 0.0.0.2 range 10.21.0.0/16
area 0.0.0.2 range 10.22.0.0/16
```

Si al equipo se le ha adicionado rutas estáticas (`zebra.conf`); entonces se debe especificar como se debe publicar estas rutas a la red OSPF; para esto se descomenta la siguiente línea especificando la métrica y el tipo; si no se desea publicar estas rutas estáticas se deja comentada la línea.

```
redistribute static metric 10 metric-type 1
```

Si se ha configurado una puerta de salida equipo (`/etc/network/nat-static-routes`); entonces se debe especificar como se debe publicar en la red OSPF. Para esto se descomenta una de las siguientes líneas:

```
default-information originate metric 10 metric-type 1
! default-information originate always metric 10 metric-type 1
```

La diferencia está en `always`; con éste los routers tendrán una ruta por defecto este configurado o no en el router que lo publica; sin `always` los routers tendrán una ruta por defecto mientras este configurado en el router que lo publica.

Al ejecutar `/etc/init.d/quagga stop` y `/etc/init.d/quagga start` se actualiza los cambios del enrutamiento. Si una vez que OSPF ya está trabajando se hace `/ect/init.d/networking restart` lo del OSPF se perderá, para activar de nuevo se debe ejecutar `/etc/init.d/quagga restart`.

- Configuración del DHCP.

Para habilitar el servicio en el arranque; se debe poner yes en la variable RUNDNSMASQ en el archivo /etc/default/dnsmasq. El archivo de configuración es /etc/dnsmasq.conf; en este archivo se especifica:

1. La interfaz por donde se brindará este servicio.
`interface=br0`
2. El rango de IP (inicio-final) y la Máscara de red; además del tiempo de asignación de la IP.
`dhcp-range=192.168.114.7,192.168.114.14,255.255.255.240,24h`
3. La ruta por defecto de los equipos clientes.
`dhcp-option=3,192.168.114.1`

Para completar se debe especificar los DNS que usará este servicio; para esto se descomenta los DNS en /etc/resolv.conf los que se necesite.

Para activar el servicio se ejecuta /etc/init.d/dnsmasq restart.

- Configuración de interfaces Wi-Fi y de parámetros TCP/IP mediante comandos.

Crear la interfaz ath0 como AP:

```
nodo-a: # wlanconfig ath0 create wlandev wifi0 wlanmode ap
```

Crear la interfaz ath0 como STA:

```
nodo-a: # wlanconfig ath0 create wlandev wifi0 wlanmode sta
```

Activar la interfaz ath0:

```
nodo-a: # ifconfig ath0 up
```

Configurar al modo 802.11g a ath0 (3->g; 1->a, 2->b):

```
nodo-a: # iwpriv ath0 mode 3
```

Desactivar la diversidad y activar la RX y TX por el conector principal; para la ath0 (wifi0):

```
nodo-a: # echo 0 >/proc/sys/dev/wifi0/diversity
```

```
nodo-a: # echo 1 >/proc/sys/dev/wifi0/txantenna
```

```
nodo-a: # echo 1 >/proc/sys/dev/wifi0/rxantenna
```

Configurar el ESSID, canal, velocidad de TX, clave WEP de 64bits y limitar la potencia de TX:

```
nodo-a: # iwconfig ath0 essid PUCP channel 11 rate 12M key aabbccdde txpower 10
```

Configurar la distancia (en metros) del enlace:

```
nodo-a: # athctrl -i wifi0 -d 1000
```

Configurar la IP/MASK de la interfaz ath0:

```
nodo-a: # ifconfig ath0 12.12.12.1 netmask 255.255.255.0
```

Configurar la IP/MASK de la interfaz eth0:

```
nodo-a: # ifconfig eth0 10.10.1.1 netmask 255.255.255.0
```

Configurar la IP/MASK de la interfaz eth1:

```
nodo-a: # ifconfig eth1 192.168.1.2 netmask 255.255.255.0
```

Configurar una puerta de salida:

```
nodo-a: # route add default gw 192.168.1.1
```

Configurar una ruta:

```
nodo-a: # route add -net 10.10.2.0/24 gw 12.12.12.2 metric 10
```

Configurar NAT sobre eth1:

```
nodo-b: # iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth1 -j  
MASQUERADE
```

Si se desea configurar DNS se debe indicar en `/etc/resolv.conf`.

Si una interfaz está como STA y se desea pasar a modo AP (o al revés), antes se debe deshabilitar la interfaz lógica creada, así:

```
nodo-a: # wlanconfig ath0 destroy
```

y después se creará la interfaz lógica:

```
nodo-a: # wlanconfig ath0 create wlandev wifi0 wlanmode ...
```

Para eliminar rutas no deseadas se puede hacer:

```
nodo: # route del -net 192.168.20.0/24 gw 10.10.1.2
```

Para anular toda entrada de la tabla NAT se hace:

```
nodo: # iptables -t nat -F
```

Se debe recordar que se está trabajando con comandos; después de un reinicio se perderá la configuración.

E.2. Software PBX Asterisk

[3] Asterisk es una aplicación de software libre (bajo licencia GPL) que proporciona funcionalidades de una central telefónica (PBX). Se puede conectar un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí e incluso conectar a proveedores de VoIP y de telefonía convencional tanto analógica como digital. Originalmente desarrollado para el sistema operativo GNU/Linux, Asterisk actualmente también se distribuye en versiones para los sistemas operativos BSD, MacOSX, Solaris y Microsoft Windows, aunque la plataforma nativa (GNU/Linux) es la mejor soportada de todas.

Asterisk incluye muchas características como buzón de voz, conferencias, IVR, distribución automática de llamadas, y otras muchas más tal como PBX comerciales. Los usuarios pueden crear nuevas funcionalidades por medio de lenguaje script de Asterisk o añadiendo módulos escritos en cualquier lenguaje de programación soportado por Linux.

Las versiones estables de Asterisk están compuestas por los módulos siguientes:

- Asterisk: Archivos base del proyecto.

- Zaptel: Soporte para hardware Digium. Drivers de tarjetas.
- Addons: Complementos y añadidos del paquete Asterisk.
- Libpri: Soporte para conexiones digitales.
- Sounds: Aporta sonidos y frases en diferentes idiomas.

Cada uno de estos módulos cuenta con una versión estable y una versión de desarrollo. Hasta ahora; las versiones desarrolladas son la 1.6 y la 1.4. Las versiones 1.2 y 1.0 se consideran paralizadas y ya no se continuarán manteniendo. Actualmente la rama 1.4 es la aconsejada para sistemas en producción.

La arquitectura de Asterisk está basada en 4 API:

- API de Canales Asterisk: controla el tipo de conexión por el cual el cliente está llegando (bien sea una conexión SIP, H323, BRI, etc).
- API de Aplicaciones Asterisk: permite a varios módulos de tareas, cumplir varias funciones (conferencias, buzones de voz, etc).
- API de Traducción de Codecs: carga módulos, codecs, para apoyar varios tipos de audio, codificando y decodificando formatos tales como G711, G729, GSM11, etc.
- API de formato de ficheros Asterisk: controla la lectura y escritura de varios formatos de archivos para el almacenaje de datos en el sistema de archivos.

Usando estas API Asterisk alcanza una completa abstracción entre sus funciones básicas y las diferentes tecnologías y aplicaciones relacionadas.

Asterisk permite implementar los mismos servicios que una central clásica.

Asterisk tiene soporte para casi todos los codecs de audio como: G.711, G.723.1, G.726, G.729, GSM, ilbc14, linear, lpc-1015, speex. Quizá lo más interesante de Asterisk es que soporta muchos protocolos VoIP como pueden ser SIP, H.323, IAX y MGCP.

Asterisk permite integrar una red de telefonía IP con redes telefónicas tradicionales por medio de interfaces analógicas y digitales. Para la conexión con líneas analógicas se hace a través de dispositivos FXO y FXS. Para la conexión con líneas digitales RDSI se logra por medio de interfaces del tipo BRI (2 canales de voz de + 1 de señalización) y PRI (30 canales de voz + 1 de señalización).

Las interfaces de telefonía analógica se encuentran en múltiples dispositivos de redes (routers, centrales de telefonía IP, etc.) que operan como acceso hacia los servicios de voz convencionales como la telefonía pública.

E.2.1. Configuración de una red de Telefonía IP con Asterisk

- Configuración inicial.
Si se va a usar Asterisk en un equipo donde exista OSPF se debe poner el nombre del equipo también en `/etc/hosts`.

```
voyage: # cat /etc/hosts
127.0.0.1 localhost
```

127.0.1.1 voyage

Para activar el servicio en el arranque del sistema se debe poner en yes la variable RUNASTERISK en el archivo `/etc/default/asterisk`.

```
voyage: # vim /etc/default/asterisk
...
RUNASTERISK=yes
```

Es recomendable cargar el módulo `ztdummy`; descomentar en:

```
voyage: # cat /etc/modules
...
ledtrig-heartbeat
ledtrig-timer
#zaptel
#ztdummy
```

Esto permitirá que se cargue después de un reinicio; pero si se desea que se cargue en este momento se puede hacer:

```
voyage: # modprobe ztdummy
```

El Asterisk en la Voyage, (`/etc/asterisk/modules.conf`), está adaptado para realizar tareas mínimas, al ser un equipo de bajo rendimiento para este tipo de aplicación. Se ha desarrollado una configuración básica para realizar la comunicación entre clientes SIP de un mismo Asterisk y con clientes SIP administrados por otros Asterisk y además permitir la comunicación con la red de telefonía pública; esta configuración involucra a los archivos `sip.conf`, `extensions.conf`, y `iax.conf`, todos éstos ubicados en `/etc/asterisk/`. Se puede tomar esta configuración como plantilla para una configuración particular.

- Configuración de los clientes SIP.

El archivo `/etc/asterisk/sip.conf` tiene una configuración inicial para clientes SIP; donde se puede especificar los identificadores del cliente y los codecs a usar.

```
[general]
;
bindport=5060
disallow=all
allow=ulaw
allow=g726aal2
allow=gsm
allow=ilbc
allow=g726
;

[210]
type=friend
host=dynamic
language=es
context=center
secret=passwd
```

```
username=210
callerid=210
dtmfmode=rfc2833
qualify=yes
;
```

Para configurar clientes SIP con puerto FXO, se puede usar la identificación 10; cambiado sólo lo necesario.

```
[10]
type=friend
port=5061
host=dynamic
language=es
context=center
secret=passwd
username=10
callerid=10
dtmfmode=rfc2833
qualify=yes
;
```

- Programación de las llamadas telefónicas.

En `/etc/asterisk/extensions.conf` es donde se configura la comunicación telefónica. En la parte `[globals]` se especifica las variables usadas, aquí se muestra variables que representan la IP de los otros Asterisk de la red.

```
[globals]
;
IP-SERVER200=
IP-SERVER300=20.20.20.13
IP-SERVER400=
IP-SERVER-PSTN=
PHONE-DEFAULT=
```

La variable `PHONE-DEFAULT=` contiene el teléfono que responderá por defecto después de escuchar el IVR en una llamada proveniente del exterior. En la parte `(center)` se especifica con que equipos se tendrá comunicación; está dividido en: comunicación con equipos locales, con equipos de otros Asterisk y con la telefonía pública. Aquí se muestra una especie de prueba de llamado al servidor, se especifica un número que identifique al servidor Asterisk.

```
;prueba de llamada al servidor
exten =>200,1,Macro(call-svlocal,200)
;
```

Aquí se especifica los números telefónicos locales.

```
;llamar area local
exten =>210,1,Macro(dial-svlocal,SIP,${EXTEN})
exten =>211,1,Macro(dial-svlocal,SIP,${EXTEN})
;exten =>_21[0-9],1,Macro(dial-svlocal,SIP,${EXTEN})
```

Para comunicarse con otros servidores se especifica la numeración telefónica de estos, se puede usar rangos como en este caso; además debe poner la IP del Asterisk que administra este rango de números telefónicos; como se observa esto se hace en base a variables por ejemplo IP-SERVER300 donde su valor estará en la sección de variables.

Para la comunicación con la telefonía pública se especifica los números permitidos; tenga en cuenta que se debe diferenciar de los números telefónicos usados en la red; a veces se usa un prefijo; en este caso se antepone un cero, si se desea llamar al 147 sería 0147, si se desea una comunicación sin restricción se puede usar _0.

En el cuadro de abajo se muestran los comandos para comunicarse con la telefonía pública para el Asterisk donde se va a registrar al cliente SIP que va a conectar la telefonía IP con la telefonía pública. En la primera parte se muestra los números permitidos para llamar a la telefonía pública y la segunda parte se muestra al identificador 11 que se usará para identificar todas las llamadas entrantes de la telefonía pública; como se observa, están redirigidas al IVR.

```
;llamar a clientes de otros servidores
exten =>_3[0-5]X,1,Macro(dial-svred, $IP-SERVER300, ${EXTEN})
exten =>_4XX,1,Macro(dial-svred, $IP-SERVER400, ${EXTEN})
```

En el cuadro de abajo se muestran los comandos para un Asterisk que no registre al equipo que une a la telefonía IP con la telefonía pública; en este caso el Asterisk deberá comunicarse con el Asterisk que registre a este equipos que une ambas redes.

```
;exten =>0147,1,Macro(dial-svred,$IP-SERVER-PSTN,${EXTEN})
exten =>_0.,1,Macro(dial-svred,$IP-SERVER-PSTN,${EXTEN})
```

- Identificación de direcciones IP de los servidores Asterisk.

Si un Asterisk tiene que establecer comunicación con otro Asterisk que está en un equipo que posee varias IP, se debe elegir la IP de la interfaz que está más próxima entre la comunicación de ambos Asterisk.

- Grabación de archivos de sonido.

Para hacer archivos de sonido del tipo gsm, se puede usar la función implementada en /etc/asterisk/extensions.conf; para esto se llama al 170; después de escuchar el beep se procederá a grabar por el teléfono hasta que se presione el símbolo #; después se escuchará lo grabado y terminará la llamada.

```
;grabacion de archivos de sonido gsm
exten =>170,1,Macro(sounds-record,gsm)
;
```

Los archivos serán grabados en /root/ con el nombre de mensaje-pbx-X.gsm donde X cambiará (0, 1, 2 ...) según se vaya grabando; cambien de nombre y según su uso deberá ser guardado en /var/lib/asterisk/sounds/es/.

- Configuración de IVR básico.

El IVR se utiliza para contestar y direccionar las llamadas entrantes provenientes de la telefonía pública; esto está en /etc/asterisk/extensions.conf. Se debe especificar los archivos de sonido para el saludo correspondiente; xivr_bienvenido_pucp contiene un saludo presentando a la institución; xivr_opciones_pucp contiene la opción de esperar para que sea

respondido por algún cliente SIP; xnumero_incorrecto contiene el mensaje de “numero incorrecto” Los archivos de sonido en español deben estar en /var/lib/asterisk/sounds/es/. Además se debe especificar en la variable PHONE-DEFAULT el número telefónico que deberá contestar si no se elige un teléfono válido. En la parte final se especifica los números telefónicos al que puede acceder el llamante de la red de telefonía pública.

```
;ivr basico
;
(ivr)
;
exten =>s,1,Set(CHANNEL(LANGUAGE)=es)
exten =>s,2,Background(xivr_bienvenido_pucp)
exten =>s,3,Background(xivr_opciones_pucp)
exten =>s,4,Set(TIMEOUT(digit)=3)
exten =>s,5,Set(TIMEOUT(response)=9)
exten =>t,1,Goto(center,${PHONE-DEFAULT},1)
exten =>i,1,Set(LANGUAGE()=es)
exten =>i,2,Playback(xnumero_incorrecto)
exten =>i,3,Goto(s,3)
;
exten =>_2XX,1,Goto(center,${EXTEN},1)
exten =>_3XX,1,Goto(center,${EXTEN},1)
exten =>_4XX,1,Goto(center,${EXTEN},1)
;
```

- Comunicación con otros servidores Asterisk.

El archivo /etc/asterisk/iax.conf se utiliza para la comunicación con otros Asterisk no es necesario que se edite; posee una configuración general; si se hace cambios en este se debe tener en cuenta que estos cambios deben estar reflejados en /etc/asterisk/extensions.conf.

```
[general]
;
bindport=4569
language=es
disallow=all
allow=ulaw
allow=g726aal2
allow=gsm
allow=ilbc
allow=g726
;

[iaxuser]
type=user
username=iaxuser
callerid=iaxuser
secret=passwd
context=center
;
```

E.2.2. Registro de los clientes SIP

Una vez configurado los archivos se comprobará el registro de los clientes y el funcionamiento del Asterisk. Se utilizará el script /etc/init.d/asterisk para iniciar y detener el Asterisk.

```
nodo-b: # /etc/init.d/asterisk start      Para correr el Asterisk
nodo-b: # /etc/init.d/asterisk stop      Para detener el Asterisk
nodo-b: # /etc/init.d/asterisk restart   Para reiniciar el Asterisk
```

En este caso se inicia la ejecución del Asterisk; para observar el estado del registro de los clientes y del propio Asterisk se debe acceder a entorno CLI del Asterisk.

```
nodo-b: # asterisk -vvvvv
...
nodo-b*CLI>sip show peers
Name/username Host          Dyn Nat  ACL Port  Status
10/10          (Unspecified) D        0      0      UNKNOWN
211/211        (Unspecified) D        0      0      UNKNOWN
210/210        (Unspecified) D        0      0      UNKNOWN
```

Dentro del CLI con el comando sip show peers se puede observar si los clientes se han registrado; en el mensaje de arriba mostrado en la última columna se observa que los tres clientes están con el mensaje UNKNOWN por tanto no están registrados si aparece OK entonces si estarán registrados.

Si ya se ha configurado los clientes SIP se debe comprobar su registro en el Asterisk. Para salir del CLI sólo se hace exit.

Si se modifica los archivos de configuración para cargar ésta nueva configuración en el Asterisk se hace:

```
nodo-b*CLI>reload
```

Pero mejor quizás sea detener el Asterisk y de nuevo cargarlo así:

```
nodo-b*CLI>stop now
...
nodo-b: # /etc/init.d/asterisk start
```

Debe asegurarse que el Asterisk esté activo; para esto se puede usar ps -le | grep asterisk si arroja resultado entonces el Asterisk está corriendo; sino no lo está. Si por cualquier motivo no se puede ejecutar el Asterisk entonces se debe ejecutar con la opción:

```
nodo-b: # asterisk -vvvvc
```

En la Voyage-GTR el Asterisk corre como root. Con esto se observará la carga de cada módulo del Asterisk, si uno de ellos falla nos lo mostrará; si la falla es grave no continuará con la carga del Asterisk y se detendrá en el primer error grave; si todo está correcto se llegará al CLI del Asterisk, con esto se tendrá asegurado que la falla no es debido a la carga de algún módulo; si aún hay fallas se debe seguir observando los mensaje que aparecerán en el CLI. Si todo está bien; se sale del CLI, pero como en este caso se ha ingresado al CLI con la opción -c, entonces no se podrá usar el comando exit, para esto se debe detener el Asterisk y cargar de nuevo así:

```
*CLI>stop now
nodo-b: # /etc/init.d/asterisk start
```

No olvide que debe comprobar de nuevo que el Asterisk esté cargado o activo.

E.2.3. Verificación del estado de telefonía IP con Asterisk

- Estado del registro de clientes y tono en los teléfonos.
En el cuadro de abajo se observa el registro de los equipos clientes telefónicos 10 y 210; porque aparece OK en Status. El tiempo de registro de los equipos telefónicos deberá ser menor a 50ms; si se tiene un tiempo mayor se debe evaluar instalar un servidor en la misma red del equipo cliente. Anotar qué equipos están registrados y el tiempo de registro de los clientes telefónicos.

```
nodo-b*CLI>sip show peers
Name/username Host          Dyn Nat  ACL Port  Status
10/10         10.1.52.4      D      5061    OK (12 ms)
211/211       (Unspecified) D      0       UNKNOWN
210/210       10.1.52.3      D      5060    OK (13 ms)
3 sip peers (2 online , 1 offline)
```

Los equipos telefónicos deben dar tono una vez descolgado el auricular.

- Llamada de prueba al servidor de telefonía IP.
Se debe realizar una llamada de prueba al servidor Asterisk, además se debe observar el resultado de ésta llamada en el CLI del Asterisk la correcta ejecución de los comandos.
- Llamada de prueba a un cliente local.
Se debe realizar una llamada de prueba a un cliente administrado por el mismo servidor Asterisk al que se está evaluando, además se debe observar el resultado de ésta llamada en el CLI. Anotar si se realiza sin problemas una llamada de prueba con un cliente local, el codec utilizado en la conversación y la calidad en la conversación.
- Llamada de prueba al resto de servidores de telefonía IP.
Se debe realizar una llamada de prueba a los otros servidores Asterisk y observar en el CLI de ambos Asterisk la correcta ejecución de los comandos. Anotar si se realiza sin problemas una llamada de prueba al resto de los servidores de telefonía de la red.
- Llamada de prueba a un cliente administrado por otro servidor.
Se debe realizar una llamada de prueba a un cliente remoto que sea administrado por otro Asterisk; anotar si esto se realiza sin problemas, comentar sobre la calidad de la conversación; además se debe observar en el CLI de ambos Asterisk si la comunicación se realiza con el codec configurado, si los comandos se ejecutan correctamente. Se debe realizar llamado a todos, si es necesario. Anotar si se realiza sin problemas una llamada de prueba con un cliente administrado por otro servidor, el codec utilizado en la conversación y la calidad de la conversación.



Presupuesto

1) Ejecución Material

- Compra de ordenador personal (Software incluido)	2.000 €
- Desplazamientos Madrid-Lima y desplazamientos internos en Perú	3.500 €
- Material de oficina	150 €
- Total de ejecución material	5.650 €

2) Gastos generales

- sobre Ejecución Material	352 €
----------------------------	-------

3) Beneficio Industrial

- sobre Ejecución Material	132 €
----------------------------	-------

4) Honorarios Proyecto

- 1800 horas a 15 €/ hora	27000 €
---------------------------	---------

5) Material fungible

- Gastos de impresión	280 €
- Encuadernación	20 €

6) Subtotal del presupuesto

- Subtotal Presupuesto 33.434 €

7) I.V.A. aplicable

- 18 % Subtotal Presupuesto 6.018,12 €

8) Total presupuesto

- Total Presupuesto 3.9452,12 €

Madrid, Diciembre 2010
El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: María Martín Espín
Ingeniero Superior de Telecomunicación



Pliego de condiciones

Pliego de condiciones

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de una guía para el diseño e implementación de redes inalámbricas en entornos rurales de Perú. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho sistema. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes:

Condiciones generales.

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.
2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.
3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.
4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.
5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.

6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.
7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.
8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.
9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.
10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.
11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.
12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partida alzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.
13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.
14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.
15. La garantía definitiva será del 4 % del presupuesto y la provisional del 2 %.
16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.
17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.

18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.
19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.
20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.
21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.
22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.
23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrataz anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material" que hoy designa otro concepto.

Condiciones particulares.

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.
2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.
3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.
4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.
5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.

6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.
7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.
8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.
9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.
10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.
11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.
12. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.