

Proyecto Corral de Lorca: Una Solución de Conectividad a Grupos Poblacionales Pequeños, Aislados y Distantes de Centros Urbanos

A. ARROYO ARZUBI¹, A. CASTRO LECHTALER^{1y3}, A. FOTI^{3y4}, R. FUSARIO^{1y3},
C. GARCÍA GARINO² y J. GARCÍA GUIBOUT².

¹ Escuela Superior Técnica - IESE, Buenos Aires (C1426AAA), Argentina,

² Instituto Tecnológico Universitario, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza (M5500), Argentina;

³ Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires (C1000AAQ), Argentina;

⁴ Universidad Kennedy, Buenos Aires (C1037ABA), Argentina.

{Alejandro Arroyo Arzubi arroyoarzubi@iese.edu.ar, Antonio Castro Lechtaler, acastro@iese.edu.ar,
Antonio Foti, afoti@kennedv.edu.ar, Rubén Fusario rfusario@speedv.com.ar,
Carlos García Garino cgarcia@itu.uncu.edu.ar, Jorge García Guibout, jgarcia@itu.uncu.edu.ar}

RESUMEN

En la Argentina, como en otros países en desarrollo, hay muchas regiones rurales con una baja densidad poblacional sin servicios de comunicaciones, por la falta de interés de las empresas públicas de telecomunicaciones en brindar estos servicios. Esta situación hace difícil la educación, la actividad económica y la atención de salud en casos de urgencia. El objeto del trabajo es encontrar soluciones que permitan brindar servicios de voz y datos de banda ancha, con un acceso eficiente a la Red Internet. Es por ello que las soluciones alternativas encontradas difieren generalmente de las utilizadas en los países más desarrollados. Las mismas están vinculadas al uso de las tecnologías inalámbricas—wireless technologies—en especial aquellas de largo alcance, tales como: microondas—microwave—, 802.11, WiMax, CDMA450 y otras de similares. Las razones que han llevado a su consideración están relacionadas a la rapidez y facilidad con que se pueden instalar estos enlaces, y además, a que al utilizar frecuencias que no requieren de una autorización previa de la autoridad de aplicación hace más simple su uso. Adicionalmente, se busca evitar la dependencia en un operador de telecomunicaciones local. Este trabajo plantea la implementación de la tecnología 802.11 estudiando algunas de sus variantes. En particular, en este trabajo se analizan casos para distancias de cobertura importantes. Éstas difieren de las utilizadas en las soluciones requeridas en las grandes ciudades, por ser en ellas pensadas para cortas distancias, tal como fue pensada originalmente la tecnología 802.11.

Palabras Clave: WLAN, 802.11, CSMA/CA, VoIP, TCP.

1 INTRODUCCIÓN

El proyecto Redes Privadas Comunitarias [1] apunta a investigar, testear y comentar diferentes tecnologías para proveer enlaces de comunicaciones a pequeñas y aisladas comunidades con una baja densidad poblacional y por lo tanto sin interés comercial para las empresas que prestan este servicio.

En Argentina existen muchas localidades pequeñas donde viven pocas personas (100 habitantes o aún menos en algunos ca-

sos). Usualmente estas comunidades sufren la falta del servicio de energía eléctrica durante las 24 horas, no son alcanzados por la red telefónica tanto fijas como celulares con la consecuente falta de acceso a redes de datos e Internet. Muchas de estas localidades están ubicadas en las cercanías de la red ferroviaria, hoy fuera de servicio. Todo esto hace difícil que proveedores de servicios inviertan en enlaces de comunicaciones. Entonces se hace necesario que enfoques alternativos sean considerados.

Diferentes tecnologías como Power Line Communications (PLC), redes inalámbricas, ADSL y otras fueron tenidas en cuenta en el Proyecto Redes Privadas Comunitarias [1]. En diferentes exposiciones en anteriores Congresos Argentinos de Ciencia de la Computación los autores discutieron la aplicación de PLC [2,3] como también la utilización de redes inalámbricas bajo la norma 802.11 [4].

En los citados trabajos se concluyó que la tecnología PLC no es aconsejable para enlaces outdoor. Como se menciona en los párrafos anteriores las ubicaciones de las localidades hace inviable la utilización de cables de cobre o el acceso a la fibra óptica, básicamente por una cuestión de costos.

Entonces los enlaces inalámbricos surgen como una alternativa apropiada para proporcionar acceso a las comunicaciones en las pequeñas localidades de nuestro país. En este trabajo se analiza la factibilidad y diseño de un enlace inalámbrico que permita a la localidad de Corral de Lorca acceder a servicios de comunicaciones, como telefonía e Internet.

En la sección 2 se hará una pequeña descripción de esta localidad. En la sección 3 se discute el diseño del enlace y la justificación de la utilización de equipos como Canopy de Motorola. Finalmente en la sección 4 se detallan las conclusiones.

2 CORRAL DE LORCA

Para la ejecución del proyecto se buscó una pequeña comunidad que cumpliera los requerimientos del proyecto; Grupos poblacionales pequeños, aislados, distantes de centros urbanos y que fuera posible realizar los experimentos de campo adecuados.

El poblado de Corral de Lorca ubicado en el Departamento de General Alvear, localizado al sur de la Provincia de Mendoza cumplía los mismos. A su vez, existía próxima a él, una sede del Instituto Tecnológico Universitario de la Universidad Nacional de Cuyo por lo que se eligió esa localidad. Su ubicación puede apreciarse en la Figura 1.

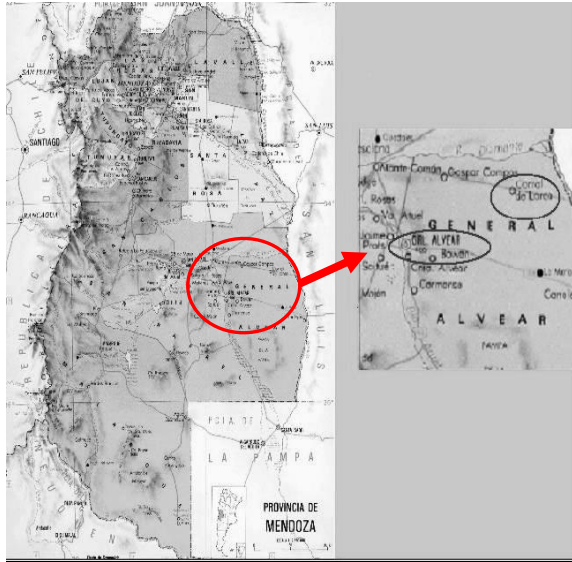


Figura 1: Provincia de Mendoza y área de interés

Corral de Lorca dista unos 70 kilómetros de General Alvear en línea recta, pero cerca de 90 kilómetros por caminos en su mayor parte de tierra y arena no consolidada.

Tiene una comunidad muy pequeña donde viven entre 60 y 100 pobladores. No hay telefonía básica y celular. Los servicios de energía eléctrica son solamente de 10 horas diarias (a partir de las 10 hs. hasta 20 hs.) por medio de un grupo generador diesel. La vida en esta pequeña comunidad se desarrolla alrededor de una escuela albergue que acoge a los alumnos de la zona durante 21 días corridos por 10 de descanso. Cuenta con destacamento policial, y un centro de salud.

Actualmente solamente hay dos enlaces de comunicaciones: un vínculo radial de VHF que conecta el centro de salud con General Alvear, y un pequeño vínculo satelital con un ancho de banda de 64 Kbps, que vincula a la escuela con el Ministerio de Educación de la provincia de Mendoza.

Como puede verse no hay instalaciones que permitan a sus pobladores con otras comunidades, ya sea por razones personales, para el uso de la comunidad educativa del lugar o para los pobladores de esa comunidad o sus alrededores para operaciones comerciales, de negocios y de urgencias.

Corral de Lorca es una muestra de lo que sucede con muchas pequeñas localidades argentinas que tienden a desaparecer al levantarse los servicios ferroviarios que funcionaron hasta una década atrás. El desafío de proporcionar enlaces de voz y datos con conectividad a la red Internet es un desafío tecnológico que permitirá que la vida en esta comunidad se vea muy favorecida.

El problema a resolver es establecer un enlace 70 km entre extremos usando tecnologías de bajo costo. Para ello se pensó en el uso de medios inalámbricos, en particular, los que están disponibles en las bandas libres de 2,4 GHz o de 5,7 GHz. SE descartaron vínculos de microondas por razones de costo.

En la sección 3.1 se establecerán las condiciones del enlace y en la sección 3.2 se discutirán las alternativas de operación en las frecuencias de 2,4 GHz y 5,7 GHz.

3.1- Condiciones generales.

El enlace unirá la localidad de General Alvear, que actuará como base con el poblado de Corral de Lorca que será el extremo del mismo.

Se pensó en aprovechar una torre de antena existente de una altura del orden de 90 m. Cabe acotar que las cabeceras de los partidos tiene en su gran mayoría este tipo de instalaciones para comunicaciones orientadas a brindar seguridad y otros servicios sociales entre ciudades importantes cabeceras de Departamentos. En la misma se ha pensado utilizar su infraestructura hasta los 70 m para sus necesidades o proyectos.

En Corral de Lorca se piensa instalar una torre con una altura de 30 metros sobre el nivel del terreno.

La cabecera del Departamento facilitará vínculos telefónicos de su central privada con acceso a la red telefónica pública (PSTN) y conexión a la Red Internet. De esa manera se ofrecerá en el poblado Corral de Lorca servicios de telefonía, utilizando tecnología VoIP, y brindará acceso a la Red Internet.

La distancia entre los extremos hace que este enlace no sea del tipo del visión directa -Line of Sight-. A su vez, las posibles frecuencias de operación se eligieron teniendo en cuenta que es posible realizar enlaces de este tipo dada la refracción que sufre el frente de onda por la atmósfera en esas frecuencias.

Una alternativa para asegurar el enlace o mejorar la disponibilidad del mismo podría haber sido utilizar una o varias estaciones repetidoras.

En este caso, entre Alvear y Corral de Lorca hay solo un desierto, que no permite contar con energía, ni condiciones mínimas de seguridad. Se descartó por tal razón, el uso de esta variante, aunque se estudió el uso de un sistema de energía solar con las baterías asociadas, torre, etc.

Por otra parte, esta solución hubiera aumentado el costo, con lo que no se cumpliría el objetivo buscado de obtener el enlace de bajo costo.

Las alternativas elegidas han sido las bandas son de 2,4 a 2,5 GHz, llamada la S-Band ISM, y la de 5,725 a 5,875 GHz llamada C-Band ISM. Ambas son bandas no licenciadas -unlicensed frequency-.

Se determinaron las coordenadas geográficas de los lugares en donde serán instaladas las estaciones utilizando el programa Google Earth.

Este permitió además, determinar la altura de los extremos del enlace respecto al nivel del mar. Los mismos se pueden observar en la Tabla 1.

Para los cálculos del enlace se tuvieron en cuenta los siguientes factores: 1) campo electromagnético generado en la antena de transmisión se propaga en forma perpendicular a la dirección del enlace; 2) propagación en el vacío; 3) los efectos que produce la atmósfera sobre la señal. Todos estos casos influyen notablemente en la potencia recibida.

Extremo	Latitud				Longitud				Altura
Alvear	34°	58'	29''	S	34°	58'	29''	O	475,50
Lorca	34°	58'	29''	S	34°	58'	29''	O	417,10

Tabla 1: Coordenadas geográficas de los extremos.

Se determinaron las condiciones de propagación de las ondas electromagnéticas con conceptos sencillos y modelos simplificados dada la complejidad del comportamiento de las mismas.

Ellos fueron:

- ✓ El campo electromagnético está compuesto de vectores de campo eléctrico E y campo magnético H perpendiculares entre sí. Cuando los campos E y H se encuentran suficientemente lejos de la antena emisora se los puede considerar como un frente de onda plano. El plano que contiene el campo E y la dirección de propagación se denomina plano de polarización.
- ✓ El medio de propagación es no-dispersivo; por lo tanto, la velocidad de fase de las componentes espectrales no dependen de la frecuencia.
- ✓ En un primer paso se admite que un rayo directo une las antenas, pero también se deben tener en cuenta los problemas producidos por los caminos múltiples.
- ✓ El modelo puede considerar dos casos: 1) antenas isotrópicas, con idéntica densidad de potencia emitida en todas las direcciones; 2) antenas con cierta directividad, a las que se consideran provistas de una ganancia de potencia respecto de la isotrópica.

Si la antena emisora es isotrópica, la potencia emitida por unidad de área de la superficie de una esfera (densidad de potencia) es:

$$P_d = P_t / 4 \cdot \pi \cdot d^2 \quad (1)$$

donde

P_t es la potencia transmitida por la antena y d es la distancia entre las antenas y el punto bajo estudio (radio de la esfera).

El área efectiva de una antena receptora se define como la superficie del frente de onda plano con densidad de potencia P_d que dispone de una potencia equivalente a la entregada por la antena.

Para la antena isotrópica el área eficaz es:

$$A_e = \lambda^2 / 4 \cdot \pi \quad (2)$$

donde:

λ es la longitud de onda del campo radioeléctrico. Se entiende entonces el hecho de la baja potencia captada.

Relacionando ambos elementos se dispone de la potencia de recepción P_r en función de la P_t para antenas isotrópicas:

$$P_r = P_t \cdot \{\lambda / 4 \cdot \pi \cdot d\}^2 \quad (3)$$

La potencia recibida es inferior a la transmitida debido a la imposibilidad de captar toda la potencia generada. Se puede expresar como una atenuación por la propagación en el espacio libre, sin obstáculos entre antenas isotrópicas.

De acuerdo con el ITU-R recomendación RC.525 y RC.341 el valor de la atenuación por espacio libre se expresa como:

$$A_o = 10 \cdot \log P_t / P_r = 32,5 \text{ dB} + 20 \cdot \log (f \cdot d) \quad (4)$$

donde:

f = frecuencia [MHz]; d = distancia [Km]; y A_o = atenuación [dB].

Los equipos transceptores tienen entre sus características: 1) potencia de transmisión; 2) estabilidad de frecuencia; 3) sensibilidad del receptor (que es la menor señal recibida que permitirá tener una señal útil a la salida del mismo, también denominada potencia umbral del receptor P_u).

Definimos como:

Margen de Desvanecimiento -*Fading Margen*- a la como la diferencia [dB] entre el nivel de la potencia recibida P_n y el nivel mínimo de potencia P_u que asegura una baja tasa de error.

$$FM = P_n - P_u \quad (5)$$

La potencia de recepción nominal se obtiene restando a la potencia transmitida, P_t en dBm, las atenuaciones debidas a los circuitos propios de los equipos (A_b), a cable coaxial o guía de onda (A_g), a la propagación por espacio libre (A_o) y sumando las ganancias de antenas (G_a).

En términos matemáticos:

$$P_n = P_t - A_{b1} - A_{g1} + G_{a1} - A_o + 2 G_a - 2 A_g - 2 A_b \quad (6)$$

A_b depende del número de componentes, pero se estima en el orden de 0,2 dB por filtros y circuitos asociados.

La atenuación de cable coaxial o guía de onda se expresa en [dB/100 m] de longitud y es una función directa de la frecuencia de trabajo.

La ganancia de la antena se expresa en la dirección de máxima directividad y es función directa de la frecuencia.

Esto, forma práctica y simplificada, permite determinar las características del enlace. Además, aparecen otros factores que afectan el comportamiento de la señal en su propagación en la atmósfera, produciendo atenuaciones adicionales como:

- ✓ **refracción en la atmósfera** (levantamiento del horizonte)
- ✓ **difracción por zonas de Fresnel** (atenuación por obstáculo)
- ✓ **atenuación por reflexiones en el terreno**

- ✓ **desvanecimiento por múltiple trayectoria** (formación de ductos)
- ✓ **absorción por arboledas cercanas a la antena**
- ✓ **absorción por gases o hidrometeoros** (lluvia, nieve, etc.)
- ✓ **dispersión de energía debido a precipitaciones**
- ✓ **desacoplamiento de la polarización de la onda**

En el caso de los enlaces digitales la tasa de error se mide en [BER], por lo tanto la Pu será la potencia umbral del receptor que asegure un BER en 10^{-6} y 10^{-9} .

Esto significará que con esas tasas de error, aceptaremos 1 bit erróneo en 10^6 o 10^9 bits transmitidos. En el caso de los enlaces digitales participa también el esquema de modulación utilizado, el que está directamente asociado a la capacidad del enlace.

3.2- Cálculo del Enlace.

Al aceptar un modelo simplificado de la forma descrita para el cálculo de un enlace como el requerido en esta aplicación concreta posibilita el desarrollo de un software que permite obtener parámetros tales como: 1) altura de antenas; 2) atenuación por obstrucción; 3) curvatura del haz debido a la refracción en la atmósfera; etc. Las experiencias de campo permiten afirmar que razonablemente los valores obtenidos son satisfactorios para determinar las características de los enlaces de radioeléctricos requeridos para este tipo de aplicaciones.

Para la resolución del problema planteado se utilizó el programa [Radio Mobile](#). Este es un software freeware desarrollado por Roger Coudé. El mismo se puede obtener en la dirección de Internet que figura en la bibliografía.

El mismo requiere ingresar las coordenadas geográficas de los puntos en cuestión, y obtiene un mapa satelital de la zona de las coordenadas. También se puede solicitar que se enriquezca la imagen obtenida como la vegetación de la zona de trabajo por medio de LANSAT¹, que comparte imágenes satelitales de alta resolución de la superficie terrestre para investigación y apoyo académico.

Determinada la zona de trabajo se pueden definir los puntos del enlace a través de los siguientes parámetros entre otros: 1) sus coordenadas; 2) condiciones climáticas de la zona (desierto, tropical, etc.); y otros datos técnicos del equipo de trabajo como podrán ser, 3) potencia de trabajo; 4) frecuencia de operación; 5) sensibilidad del receptor; 6) atenuación del cable coaxil; 7) altura de antena sobre el nivel del terreno; 8) tipo de antena utilizada; 9) ganancia de la misma; entre otros datos técnicos.

Trabajando sobre las bases señaladas, el enlace como se ha descrito, se puede observar en la Figura 2, la imagen satelital obtenida del área de trabajo, donde además se observan las estaciones del enlace.

En la parte inferior se pueden observar las coordenadas y la altura del punto donde se encuentra el cursor.

Es necesario también establecer las características de los equipos transceptores a usar. Se pensó inicialmente en utilizar equi-

pamiento que cumpliera con la norma 802.11. De esta manera se podría trabajar en forma estandarizada. Ello implicaría poner un equipo que trabajara como Access Point – AP, en la propia torre para evitar la atenuación de los cables coaxiales debido a la baja potencia con que estos trabajan.

Este último dato y la distancia del enlace hace necesario la utilización de torres sostén de antenas de alturas cercanas a los 100 metros, lo que hizo irrazonable la solución debido a los altos costos que implicaba.

Por tal razón, se analizó optar por utilizar equipos Canopy² que trabajan en la bandas de frecuencias elegidas, pero no cumplen con el estándar 802.11. los mismos tienen mayor potencias que los AP, y poseen el transceptor incorporados a la antena entre otras características.

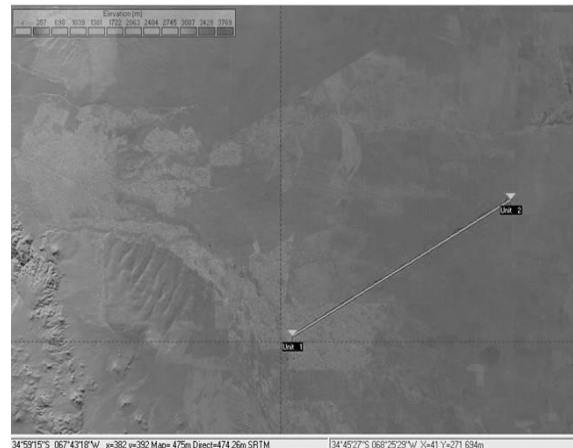


Figura 2: Mapa satelital de la zona Alvear - Corral de Lorca

Como se planteó anteriormente estaba la posibilidad de realizar este enlace en la frecuencia de 2,4 GHz o en 5,7 GHz. Por esas razones se analizó para ambas frecuencias, cuál de ellas permite asegurar los mejores niveles de señal para poder satisfacer las necesidades de comunicación con una disponibilidad del 70% del tiempo, que es el porcentaje de operatividad que maneja el software.

La señal en el receptor será la suma de los haces que viajan en forma directa entre el transmisor y el receptor, los cuales acompañan la curvatura de la tierra por la refracción en las capas bajas de la atmósfera, los haces que se reflejan en la capa alta de la atmósfera y los haces que se reflejan en el terreno.

A tal fin el programa entrega una figura del perfil -profile picture-, Figura 3, donde se muestran los niveles de atenuación de espacio libre y por obstrucción, la peor relación de obstrucción del primer radio de Fresnel, la distancia del enlace y el nivel de señal en [dBm] y en [µV] en el receptor.

Además se dibujan las zonas de Fresnel, donde se puede ver la obstrucción que sufre la primera zona de Fresnel, F1, y que representa el valor equivalente a la atenuación producida sobre las zonas pares con las impares y el nivel de recepción es equivalente al obtenido en el **espacio libre de obstáculos**.

¹ www.lansat.org

² De la firma Motorola.

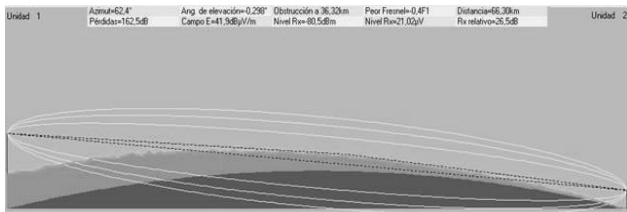


Figura 3: Zona de Fresnel para la frecuencia de 2.4 GHz

También en dicha figura, se puede observar el gráfico resultante de trabajar en la frecuencia de 2.4 GHz y en la Figura 4 el resultado para la frecuencia 5.7 GHz.

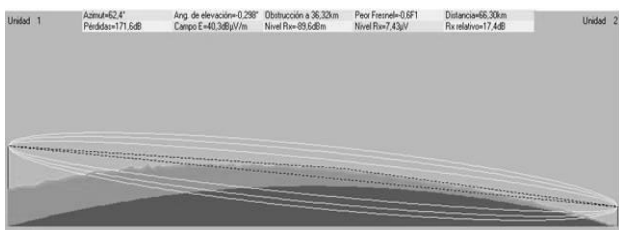


Figura 4: Zona de Fresnel para la frecuencia de 5,7 GHz

Otra información relevante que entrega el software es la que muestra el nivel de señal, luego de un barrido a través de los 360° del azimut de la unidad tomada como principal, incrementando en un grado cada vez.

En las figuras 5 y 6, para 2.4 y 5.7 GHz respectivamente, se ven los resultados para una barrido a partir de los 40° de azimut hasta los 90°, en ambos casos, y se indica en la parte superior del mismo los niveles de señal calculados en el área seleccionada.

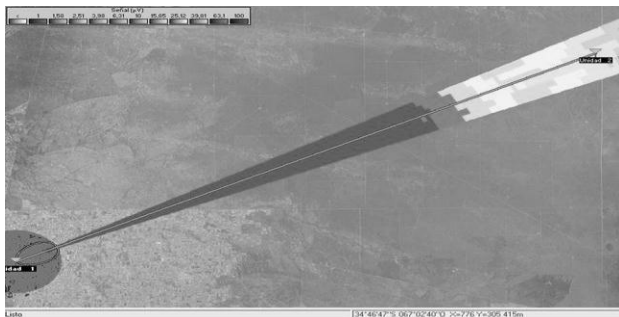


Figura 5: Representación del nivel de señal para 2.4 GHz

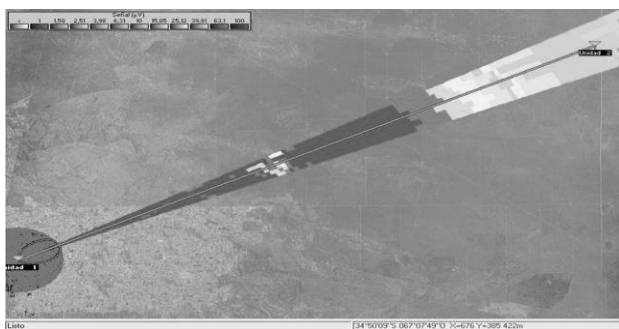


Figura 6: Representación del nivel de señal para 5.7 GHz

Se puede observar que el nivel de señal en ambos casos está por arriba del umbral del receptor. Esta situación queda también reflejada en las figuras 7 y 8.

Para ambas frecuencias en orden creciente, se representa el nivel de señal a lo largo de todo el enlace, y la distribución de energía teniendo en cuenta los niveles de sensibilidad del receptor (figuras 7b y 8b respectivamente).

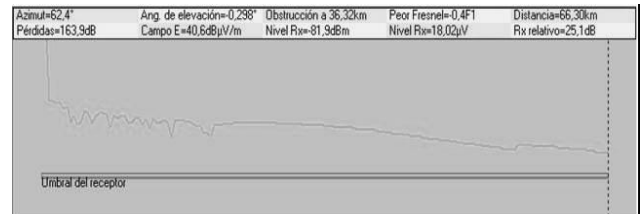


Figura 7a

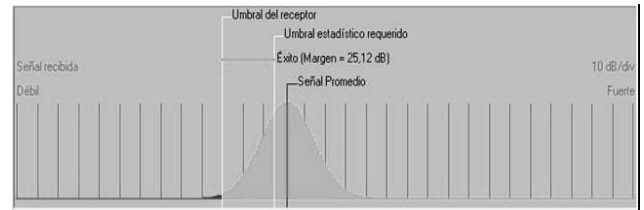


Figura 7b

Figura 7: Nivel de señal a lo largo del enlace en 2.4 GHz

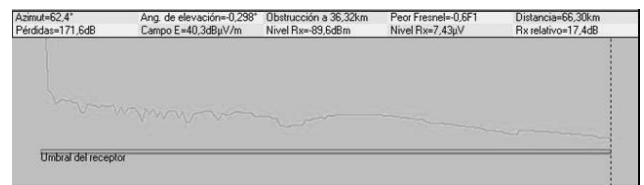


Figura 8a



Figura 8b

Figura 8: Nivel de señal a lo largo del enlace en 5,7 GHz

4 CONCLUSIONES

Se ha discutido en el presente trabajo el diseño del enlace de comunicaciones inalámbrico entre la ciudad de General Alvear y el poblado de Coral de Lorca; ambas ubicadas al sudeste de la provincia de Mendoza en la República Argentina.

Este enlace ha sido evaluado como típico para resolver el problema general de poblaciones con problemas de aislamiento, lo que permitiría a futuro extrapolarlo para situaciones similares. En estos casos, la distancia a cubrir con el enlace es del orden de los 60 a 70 kilómetros, y el terreno es normalmente desértico o semidesértico.

Se han detallado las coordenadas y condiciones del terreno entre ambos puntos. Diferentes tecnologías han sido estudiadas para el análisis de factibilidad; 802.11; y Canopy de Motorola en las bandas de 2,4 GHz y 5,7 GHz (muy similares a WiMax).

Es importante destacar que la distancia entre los puntos a enlazar, 70 Km, es mucho mayor a las distancias regulares que están previstas teóricamente para el uso del estándar 802.11.

La alternativa de equipos como Canopy de Motorola, que si bien poseen la desventaja de trabajar con protocolos propietarios, poseen las características de potencia emitida, sensibilidad e incorporación de antena para cubrir distancias en el orden del enlace sin necesidad de hacer ajuste en la altura de las torres, como se confirma en los resultados del interesante software Radio Mobile.

Se analizó también, que en la práctica las señales transmitidas en zonas rurales pueden tener un comportamiento distinto al esperado, ya que se ven menos sometido a espectros ruidosos típicos de los ambientes urbanos.

El software Radio Mobile se estima que es una herramienta valiosa en el diseño de enlaces radioeléctricos. Puede ser descargado libremente del Internet y obtener por su intermedio la información satelital del área bajo estudio. Utilizando el mismo, se determinaron los niveles de señal para las zonas de Fresnel en espacio libre, permitiendo la utilización de equipamiento tanto en las frecuencias de 2,4 y 5,7 GHz.

Obsérvese que equipamiento en ambas bandas de frecuencia son posibles soluciones para establecer el enlace requerido (aunque en el límite, incluso con la desafiante distancia de 70 kilómetros).

En el caso de la frecuencia de 2,4 GHz, con los valores de la primera zona de Fresnel se observa que un obstáculo, tal como árboles, podría atenuar la señal transmitida a valores que llevarían en enlace a valores críticos o tasa de transferencia muy bajas en las pruebas de campo.

Estas pruebas también permitirán determinar la influencia de las arboledas aledañas a las estaciones del enlace, en especial en la frecuencia de 2,4 GHz, ya que los niveles obtenidos para la primera zona de Fresnel pueden bajar considerablemente debido a esta atenuación.

Por lo tanto, los resultados obtenidos sugerirían trabajar prioritariamente con enlaces en la banda de 5,7 GHz, que pueden tener, en teoría, ciertas ventajas.

Por tales razones se han programa pruebas de campo con equipos en ambas frecuencias.

Adicionalmente, y para analizar su alcance y comportamiento, se harán pruebas adicionales sobre el terreno para analizar los resultados que arrojará el estándar 802.3 utilizando antenas con una importancia ganancia.

Las pruebas experimentales en el campo seguirán los estudios presentes. Diversos parámetros como ganancia de antena y potencia de los equipos de radio serán probados, en la puesta en marcha del enlace. Un próximo trabajo divulgará los resultados obtenidos.

5 AGRADECIMIENTOS

Este proyecto cuenta con financiamiento de la Agencia Nacional para la Promoción Científica Tecnológica y de CITEFA - PICTO N° 11-18621, a quienes agradecemos el apoyo recibido.

Los autores aprecian profundamente el interés y colaboración del Ing. Walter López, Director de la sede General Alvear del Instituto Tecnológico de Universitario (ITU) hacia el proyecto y agradecen a la Municipalidad de General Alvear por la asistencia prestada para el reconocimiento del terreno y otras gestiones.

6 REFERENCIAS

- [1] Antonio Castro Lechtaler (Director). PICTO 11-18621. "Redes Privadas Comunitarias". **Proyecto FONCyT, AN-PCyT**. En curso.
- [2] J. García Guibout, C. García Garino, A. Castro Lechtaler, R. Fusario y Guillermo Sevilla. "Physical and Link Layer in Power Line Communications Technologies". **Proceedings of 13th of Argentine Congress on Computer Science**. ISBN 978 - 950 - 656 - 109 - 3. 2007. pp. 56 a 67.
- [3] J. García Guibout, C. García Garino, A. Castro Lechtaler, R. Fusario y Guillermo Sevilla. "Power Line Communications in the Electric Network". **Proceedings of 13th of Argentine Congress on Computer Science** ISBN 978 - 950 - 656 - 109 - 3. 2007. pp. 68 a 79.
- [4] J. García Guibout, C. García Garino, A. Castro Lechtaler y R. Fusario. "Transmission voice over 802.11". **Proceedings of 14th of Argentine Congress on Computer Science**. ISBN 978 - 987 - 24611 - 0 - 2. pp. 307 a 318. 2008.
- [5] A. Castro Lechtaler, A. Foti, R. Fusario, C. García Garino y J. García Guibout. "Communication Access to Small and Remote Communities: The Corral de Lorca Project". **Proceedings of 15th of Argentine Congress on Computer Science**. ISBN 978 - 897 - 24068 - 4 - 1. pp. 1.117 a 1.126 .2009.
- [6] <http://motorola.wirelessbroadbandsupport.com/support/knowledge/>
- [7] Google Earth: earth.google.es
- [8] <http://www.cplus.org/rmw/index.html> (Radio mobile software).
- [9] Georges A. Hufford, Anita G. Longley and William A. Kissick. "A Guide to the Use of the ITS Irregular Terrain Model in the Area Prediction Mode", **National Telecommunications and Information Administration (NTIA)** Report 82-100, US Department of Commerce, 1982.
- [10] LANDSAT. www.landsat.org
- [11] UIT (ITU). <http://www.itu.int/md/R07-SG05-C-0136/es>.
- [12] Anita G. Longley. **Radio Propagation in Urban Area, Institute of Telecommunication Sciences**, Office of Telecommunications, Boulder, Colorado 80302.