

Diseño Asistido por Computadora para la Implementación de una Estación Repetidora en el ITSLP (XE2PTS)

Díaz de León Zapata Ramón^{1,2*}, Balderas Rivera Itzcoatl², Muñoz Cruz Oscar², Lara Velázquez Ismael², González Contreras Francisco Javier¹.

¹Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Sierra Leona 550, Lomas 2a Sección, SLP, México.

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Mecatrónica, Instituto Tecnológico de Sal Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, C.P. 78437, México.

*ramondz@hotmail.com

Resumen

La instalación y operación de una estación repetidora del servicio de aficionados requiere el trámite de un permiso especial que, entre otros aspectos, implica la elaboración de un estudio denominado “información técnica descriptiva” en la que se debe plasmar detalles de predicciones de cobertura según la topología del terreno y el tipo de emisión de la antena, etc.

La elaboración del estudio, se basa en la norma oficial mexicana NOM-EM-086-SCT1-1994 publicada en el año de 1994 y la que no ha sido modificada desde entonces. Dicha norma sugiere procedimientos manuales pero deja abierta la posibilidad de hacer uso de tecnologías o métodos más eficientes y eficaces.

Con el avance en la computación y el impulso de proyectos como el “Space Shuttle Radar Terrain Mapping Mission” (SRTM), que además pone sus resultados a disposición gratuita de quien lo requiera, se ha creado software capaz de usar mapas cartográficos a los que se les añade o superpone de manera interactiva, las ecuaciones o funciones de la teoría electromagnética para simular el comportamiento de las transmisiones de radio y su cobertura, como el programa “Radio Mobile” de Roger Coudé.

Se desarrolla en el presente trabajo los resultados del estudio para la elaboración del informe técnico descriptivo asistido por computadora (CAD) para la instalación y operación de la estación repetidora del servicio de aficionados del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí.

Palabras clave: Simulación, CAD, Telecomunicación, Estación de radio.

1. Introducción

La instalación y operación de una estación del servicio de aficionados requiere un estudio técnico denominado “información técnica descriptiva” cuyas secciones medulares se encuentran descritas en la Norma Oficial Mexicana NOM-EM-086-SCT1-1994 publicada en el Diario Oficial de la Federación [1]. Desde la fecha de publicación de esta norma, en el año de 1994, han ocurrido avances significativos en la manera en que se pueden obtener los datos predictivos solicitados con una sencillez, precisión y representaciones visuales muy superiores a las que se tenía alcance en aquellos años. Dado también que la norma en su sección de apéndices informativos a la letra dice: “Se hace notar que el método de predicción se recomienda por práctico, reconociéndose que pueden existir otros que arrojen resultados mejores y que en todo caso se pueden considerar para su aceptación”, se ha optado por utilizar como herramienta de apoyo para el presente estudio, el programa de cómputo denominado “Radio Mobile”.

El “Radio Mobile” es un programa Gratuito de simulación de propagación escrito por Roger Coudé - VE2DBE, que opera en el rango de frecuencias de 20 MHz a 20 GHz. Se basa en la última versión del modelo de propagación sobre Terreno Irregular ITM (Longley-Rice).

El programa permite implementar mapas de elevaciones usando los datos del “Space Shuttle Radar Terrain Mapping Mission” (SRTM), pudiendo añadirse curvas de nivel y cartas camineras, junto con las especificaciones de las llamadas *unidades de radio* que son las estaciones transmisoras y/o receptoras y emplazarlas donde se requieran. El desempeño individual de cada unidad de radio se caracteriza por sistemas con propiedades específicas en lo que respecta a: potencia, sensibilidad, parámetros de antena etc. y en todos los enlaces de radio programados es posible examinar los perfiles del tramo y los parámetros de la señal.

Si se requiere, puede producir diagramas de cobertura de señales de unidades de radio múltiples o individuales, o encontrar los mejores sitios para su instalación en un mapa, para proporcionar cobertura de radio a un número especificado de unidades de radio.

También con la prestación “Route Radio Coverage” (cobertura de rutas) se puede generar el desempeño de comunicación con una unidad de radio que se desplaza por una ruta definida en un mapa, como así mismo es posible utilizar los datos de la ruta con la prestación *Mejores sitios*, a fin de proporcionar una cobertura completa de dicha ruta.

La prestación *Mejores Unidades de Radio* de un conjunto definido de estas unidades, proporciona el trazado del máximo nivel de señal y la razón Señal a Interferencia de una ubicación específica. También está disponible la cobertura combinada de Radio de un selecto número de unidades, como así mismo el trazado de la suma de las señales de múltiples unidades en cada ubicación [2].

2. Simulación del trazado de perfiles

Si bien el programa puede calcular el mejor lugar (por ejemplo dentro de la ciudad o en sus cercanías) para instalar la estación repetidora, en este caso la ubicación ya está predeterminada para ubicarse en el laboratorio de electrónica del ITSLP a una altura máxima de 30 metros sobre el nivel del piso.

Sabiendo la ubicación, se localiza ésta en el mapa según las coordenadas que pueden obtenerse directamente de los mapas de google, a través del uso de la interfaz del mismo programa “Radio Mobile” o conociendo la cuadrilla (“grid”) que a su vez puede ubicarse fácilmente con el uso de algún dispositivo de telefonía dotado con GPS o con un GPS independiente. En este caso se ubicó el punto en un mapa de google importado por el programa, como se aprecia en la figura 1.



Figura 1. Ubicación de la estación Repetidora.

Los datos de elevación del terreno se han obtenido de bases de datos del proyecto “Space Shuttle Radar Terrain Mapping Mission” (SRTM) y han sido reconstruidos en forma de imagen con la ayuda de google maps, como se aprecia en la figura 2.

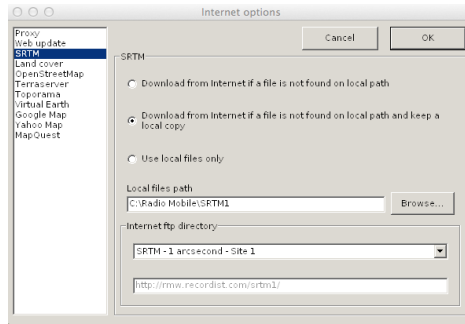


Figura 2. Captura de pantalla donde se aprecia la dirección electrónica de la descarga de archivos SRTM para el cálculo de elevaciones.

Cabe señalar que la mejor resolución para nuestro país es de 1 segundo de arco, lo cual implica una muy buena resolución, ya que para Europa se tiene una resolución de 3 segundos de arco (mucha menor resolución) y para Estados Unidos de Norte América una resolución de 1/3 de arco (una excelente resolución).

La figura 3 muestra el perfil de elevaciones con una escala de colores alrededor de la ciudad de San Luis Potosí en un radio de aproximadamente 50 kilómetros y sobre la cual posteriormente se le sobrepondrá el mapa con las calles y carreteras para una mejor referencia de las ubicaciones.

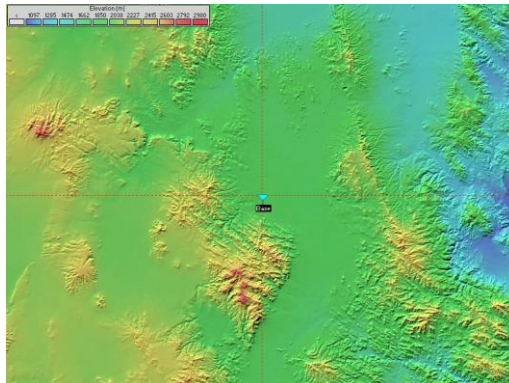


Figura 3. Perfil de elevaciones para el terreno de cobertura de la estación repetidora. Se aprecia en la gráfica la ubicación de la estación base.

Posteriormente se alimenta al programa con las características generales que tendrá la estación repetidora, según se aprecia en la figura 4, y en donde algunos de los parámetros son estándares internacionales considerados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

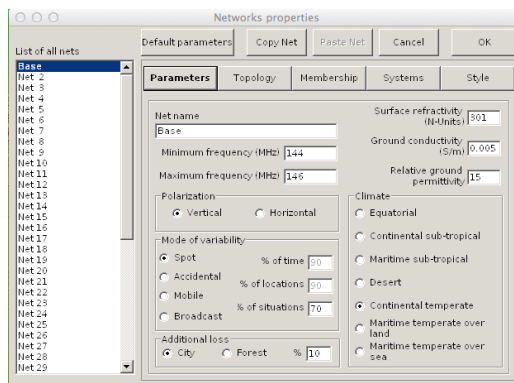


Figura 4. Parámetros de la Estación Repetidora.

El rango de frecuencia de operación se ajustó de 144 a 146 MHz, la refractividad de la superficie en 801 (sin unidades), la Conductividad de la tierra en 0.005 S/m, la permitividad relativa de la tierra en 15 (sin unidades), con una polarización vertical (por el tipo de antena a utilizarse), condiciones de temperatura continentales citadinas con una máxima pérdida de la señal por absorción de edificios y estructuras de concreto de 10%.

El patrón de radiación de la antena propuesto se aprecia en la figura 5.

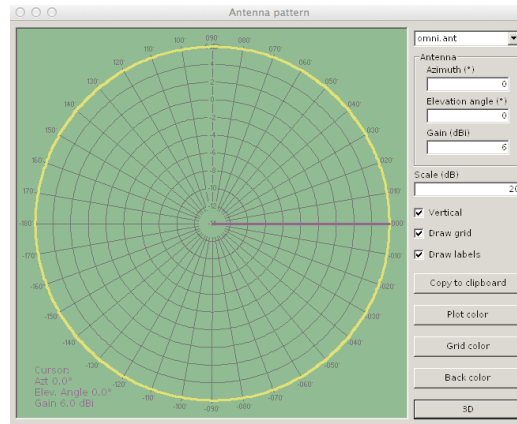


Figura 5. Patrón de radiación de la antena tipo J a ser utilizada en la estación repetidora.

Los resultados se aprecian en el mapa de perfiles del área de cubrimiento según la topología de elevación del terreno y el patrón de radiación en la figura 6. En la misma imagen se representan los rangos de potencia en una escala de colores correspondiente a las intensidades máximas y mínimas de potencia efectiva detectable en μV .

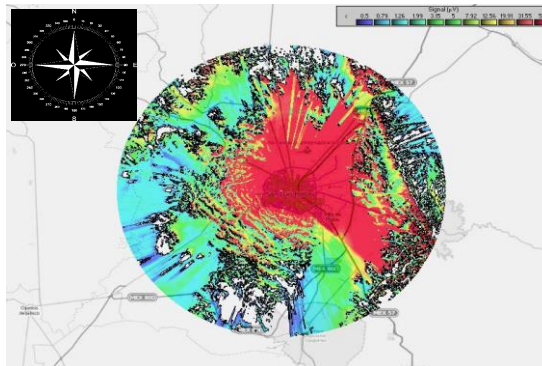


Figura 6. Mapa de perfiles del área de cubrimiento o servicio según la topología de elevación del terreno obtenido con el programa “Radio Mobile”. En el centro se aprecia la ciudad de San Luis Potosí con su respectivo anillo periférico.

3. Simulación y obtención de las predicciones

Con base en los resultados del apartado anterior, se detalla a continuación el procedimiento para la obtención de las predicciones con el uso del programa “Radio Mobile”.

Dado que el mapa contiene las alturas del terreno del área bajo análisis, se utiliza una propiedad del programa “Radio Mobile” en la que es posible sobreponer una rejilla con una resolución de 1 km cuadrado que servirá como referencia para ubicar las alturas directamente sobre el mapa, como se aprecia en la figura 7.

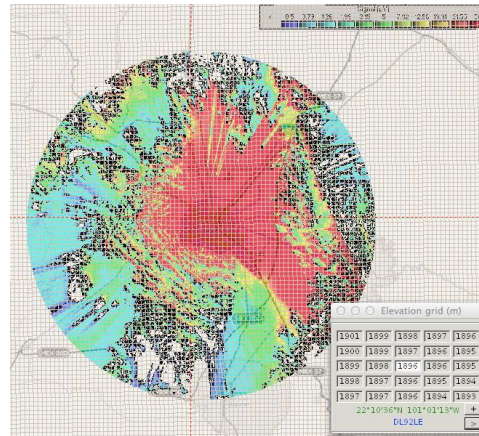


Figura 7. Mapa con enrejado en escala de 1 km cuadrado por división. Se aprecia en la esquina inferior derecha un cuadro con las elevaciones en que se desea averiguar el dato al hacer click sobre el punto de interés en la imagen.

Se han trazado 8 radiales desde el centro que representa la ubicación de la estación repetidora (líneas rojas punteadas), cada uno a 45° con el primer radial apuntando al norte geográfico. En cada radial se tomaron un total de 20 puntos para calcular el promedio, separados un máximo de 500 m según la norma NOM-EM-086-SCT1-1994 (para nuestro caso, dos lecturas por cada recuadro del mapa). Los datos tomados y el promedio solicitado se aprecian en la tabla 1.

No. Muestra	Radial 1 (N)	Radial 2 (NE)	Radial 3 (E)	Radial 4 (SE)	Radial 5 (S)	Radial 6 (SO)	Radial 7 (O)	Radial 8 (NO)
1	1896	1896	1896	1896	1896	1896	1896	1896
2	1893	1869	1866	1878	1888	1901	1874	1871
3	1883	1866	1867	1876	1896	1921	1881	1876
4	1878	1864	1869	1877	1934	1979	1897	1880
5	1880	1863	1864	1870	2037	2067	1900	1883
6	1882	1860	1860	1870	2057	2122	1913	1884
7	1886	1858	1856	1892	2159	2164	1914	1886
8	1880	1854	1853	1905	2101	2241	1916	1915
9	1881	1852	1850	1936	2150	2097	1926	1921
10	1884	1850	1849	1918	2333	2220	1921	1930
11	1888	1849	1848	1908	2297	2156	1949	1923
12	1889	1848	1848	1892	2200	2187	1857	1915
13	1888	1843	1847	1886	2321	2251	2018	1934
14	1886	1843	1845	1884	2315	2187	2025	1937
15	1890	1842	1845	1876	2494	2059	1900	1938
16	1890	1841	1845	1867	2584	2208	1935	1942
17	1888	1841	1845	1854	2636	2270	1926	1933
18	1883	1841	1844	1847	2548	2323	1969	1938
19	1883	1841	1845	1840	2441	2252	1950	1940
20	1879	1841	1845	1840	2361	2287	1937	1947
Promedio	1885.35	1853.1	1854.35	1880.6	2232.4	2139.4	1925.2	1914.45

Tabla 1. Datos obtenidos por cada radial y el respectivo promedio.

4. Material y equipo

Dadas las características de ubicación de la estación repetidora dentro del laboratorio de electrónica, se contará con todo el material necesario para la instalación, operación, mantenimiento preventivo y correctivo, además de equipo adicional sofisticado para asegurar de manera permanente su óptimo funcionamiento y aprovechamiento, como son osciloscopios, espectrómetros, multímetros e instrumentación virtual a través de interfaces con programas de cómputo como LabView, Matlab, Mathematica, etc.

La línea de alimentación de la antena se realizará con cable coaxial RG58 de 50 ohms de impedancia.

La antena será omnidireccional con un diseño tipo J para la banda de 2 metros con una ganancia máxima de 6 dB. La figura 8 muestra el diseño correspondiente a la antena [3].

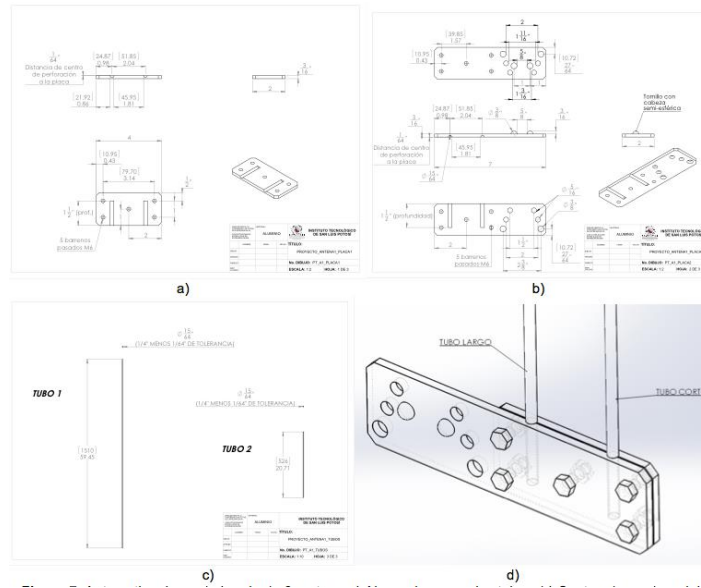


Figura 8. Antena tipo J para la banda de 2 metros. a) Abrazadera para los tubos. b) Contra abrazadera del inciso a, con sección para montaje en mástil. c) Tubos de la antena. d) detalle del acoplamiento de los tubos para formar la antena.

5. Resultados

Se construyó y puso en operación la repetidora con los resultados esperados congruentes con la simulación en el área de interés que corresponde a la mancha urbana y zona conurbada de la ciudad de San Luis potosí, realizando un recorrido en los alrededores de la estación y la periferia de la ciudad recibándose una excelente calidad de audio, previa calibración del sistema a través de un analizador de antena RigExpert modelo AA-520 [4], con los resultados mostrados en la gráfica de la figura 9.

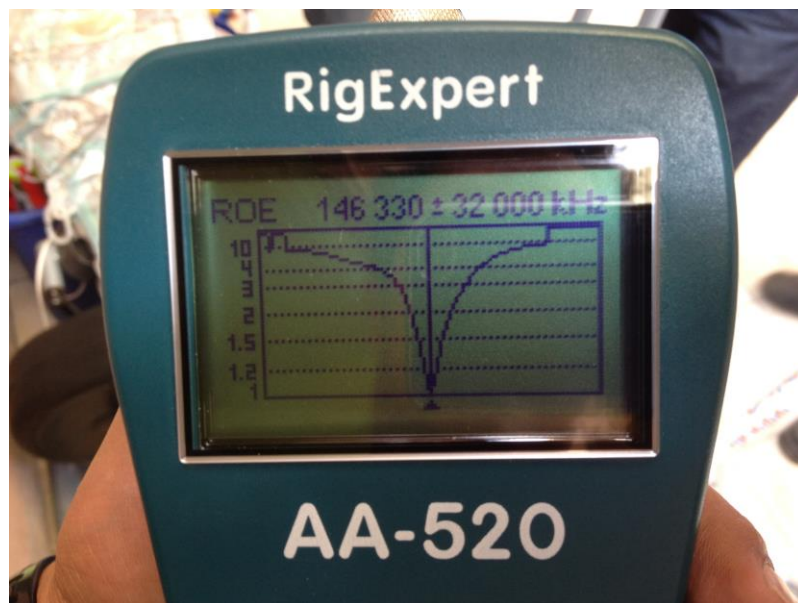


Figura 9. Resultados de la calibración de antena entonada en una frecuencia de 146 MHz.

El equipo transceptor se ajustó a una potencia de salida máxima de 20 W que fueron medidos con la ayuda de un Wattmetro marca MFJ modelo 844, como lo muestra la figura 10.



Figura 10. Potencia máxima de salida del transmisor de la estación repetidora del ITSLP.

6. Conclusiones

La simulación de las condiciones de propagación en el terreno nos permite prever condiciones especiales a tomar en cuenta en la implementación final de la repetidora, así como optimizar los recursos económicos y de inversión de tiempo en el análisis y generación de datos. Además, gracias al esfuerzo conjunto de varias áreas de la ciencia, la ingeniería y la tecnología, fue posible diseñar, construir y caracterizar en su totalidad los parámetros de operación de una estación repetidora del servicio de aficionados para el Instituto Tecnológico de San Luis Potosí.

El uso de software profesional pero gratuito, así como la colaboración de alumnos en el presente estudio, ha dado como resultado una entusiasta participación y un apropiamiento del conocimiento sin precedentes, acentuando el carácter técnico – científico de la actividad de radio aficionado, convirtiéndose en una actividad permanente en el ITSLP, así como un escaparate que sin duda ha influido a varios estudiantes para convertirse en radio aficionados.

La colaboración multidisciplinaria jugó un rol fundamental, pero es igualmente relevante enfatizar que el trabajo interinstitucional UASLP – ITSLP ha sido parte importante del éxito en estas conclusiones.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por el consorcio CEMIE-Solar a través del proyecto 32.

Se agradece también todas las facilidades otorgadas por las autoridades del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí para la operación y mantenimiento de su estación de radio aficionados.

Referencias

- [1] Dario Oficial de la Federación, Tomo CDXCV No. 10 México, D.F., jueves 15 de diciembre de 1994.
- [2] Ian D. Brown. “*Radio Mobile Handbook*”. *Antennex Online Magazine*. E. E. U. U. 2013. ISBN: 1-877992-48-8.
- [3] R. Dean Straw. “*ARRL Antenna Book*”. *The American Radio Relay League, Inc.* E. E. U. U. 2011. ISBN: 978-0-87259-694-8.
- [4] Rig Expert AA-520 Antenna Analyzer User’s manual. <http://www.rigexpert.com> Ucrania, 2014.