

Caracterización de ruido radioeléctrico en UHF 406 - 410 MHz

Antonino Galo

Resumen

Este documento presenta los resultados del estudio denominado “*Caracterización de Ruido Radioeléctrico en UHF 406 - 410 MHz*”, siendo este estudio de primordial importancia en las etapas previas a la implementación de un Radiotelescopio. En nuestro país no se ha realizado ningún estudio de este tipo, en ninguna frecuencia o rango de frecuencias destinadas para el Servicio de Radioastronomía, servicio que fue definido conjuntamente por la Unión Internacional de Astronomía y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (IAU e ITU –siglas en inglés, respectivamente). Como objetivo principal del estudio, se determinaron las condiciones radioeléctricas que prevalecen en la ciudad de Tegucigalpa, específicamente en el Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), o dicho de otra manera, el ambiente radioeléctrico al que estará expuesta cualquier señal de alguna fuente celeste, emitida en frecuencia 406 - 410 MHz. Los datos fueron obtenidos mediante técnicas de monitoreo establecidas en el “Handbook Spectrum Monitoring”, publicado por ITU en el año 2011 y se utilizaron equipos certificados por ITU, para estudios radioeléctricos. El estudio demuestra que la ubicación del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), presenta un nivel o Piso de Ruido muy elevado, por sobre la Sensibilidad del equipo utilizado, no obstante, señales de fuentes como el Sol y la Vía Láctea, son factibles de ser recibidas y procesadas con las correcciones requeridas.

Palabras Clave: Radioastronomía / 406 - 410 MHz / Ruido Radioeléctrico.

Abstract

This document presents the results of the study entitled “*Characterization of Radio Noise in UHF 406 - 410 MHz*”, this study is of primordial importance in the stages prior to the implementation of a Radio Telescope. No such study has been carried out in our country at any frequency or range of frequencies intended for the Radio Astronomy Service, a service which was jointly defined by the International

Astronomical Union and the International Telecommunication Union (IAU and ITU) in English, respectively). The main objective of the study was to determine the radioelectric conditions prevailing in the city of Tegucigalpa, specifically in the Central American Astronomical Observatory of Suyapa (OACS), in other words, the radioelectric environment to which any signal from a celestial source, emitted in frequency band of 406 - 410 MHz, would be exposed. The data were obtained through monitoring techniques established in the "Handbook Spectrum Monitoring", published by ITU in 2011 and equipment certified by ITU for this kind of studies. The study shows that the location of the Central American Astronomical Observatory of Suyapa (OACS) presents a very high Noise Level, above the sensitivity of the equipment used, however, signals from sources such as the Sun and other in the Milky Way are feasible to be received and processed with the required corrections.

Keywords: Radio Astronomy / 406 - 410 MHz / Radio Noise.

Antonino Galo, (norman.galo@unah.edu.hn), Departamento de Astronomía y Astrofísica
Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras – UNAH.

Fecha de recepción: 30 de mayo de 2016, fecha de aprobación: 04 de julio de 2017.

INTRODUCCIÓN

Es por demás muy conocido el hecho que las condiciones atmosféricas de observación astronómica en Tegucigalpa, generalmente se caracterizan por estaciones lluviosas con períodos de gran nubosidad, que no permiten que el cielo nocturno sea observado y estudiado en una gran parte de días del año.

Es en este contexto, que se ha planteado, la implementación de un Radiotelescopio en el OACS, el que puede ser utilizado durante todo el día de forma casi ininterrumpida, durante los 365 días al año, salvo en condiciones extremas de lluvias o tormentas con relámpagos (descargas eléctricas) y durante los mantenimientos requeridos por este tipo de equipamiento.

Dentro de los variados tipos (tecnologías, fines y usos) de Radiotelescopios se encuentran los telescopios utilizados para el estudio de la Vía Láctea, que operan en el rango de frecuencias UHF 406 – 410 MHz, captando la emisión Sincrotrón (electrones relativísticos) emitidos por el centro galáctico y otros objetos de la Galaxia.

Esta banda de frecuencias también brinda información valiosa de fenómenos tales como los Rayos Gamma (Gamma Rays) que son producidos/expulsados por distintos objetos celestes y en particular por la actividad del centro de la Vía Láctea.

Sin embargo, el problema radica en que previo a implementar cualquier tipo de Radiotelescopio, primero se debe caracterizar el sitio desde el punto de vista radioeléctrico tanto de condiciones extrínsecas (radiofrecuencias de origen humano) como de las intrínsecas (propias del ambiente y los equipos a utilizar), lo que conlleva a determinar que frecuencias se pretenden recibir y de esto se desprende que tipo equipos receptores son los óptimos, así como también los tipos de antena que se utilizarán.

Después de haber evaluado varias consideraciones como ser la ubicación, el entorno, condiciones climáticas, entre otras, llegamos al punto donde nos encontramos con la necesidad de garantizar el correcto funcionamiento del futuro Radiotelescopio desde el punto de vista de “Caracterizar” las influencias de origen humano, las del entorno del lugar y las propias de los equipos, tal como lo estipula la *International Telecommunications Union –ITU*, en la publicación *ITU-R RA.1031-2,-2007*.

La “Caracterización” consiste en estudios continuos durante largos periodos de tiempo, hechos con equipos especializados capaces de medir varios parámetros

radioeléctricos propios de las emisiones de frecuencias como los llevados a cabo por Beaudet M. Carla, et al., July 2003.

El estudio de CARACTERIZACION DE RUIDO RADIOELECTRICO en frecuencia de 406 – 410 MHz, no se había hecho en el sitio del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), tampoco en nuestra ciudad Tegucigalpa ni en el resto del país.

Finalmente podemos expresar que este estudio se enmarca inicialmente en un contexto local, debiendo expandirse en un futuro a nivel nacional.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS

Objetivo General

Caracterizar la intensidad de campo eléctrico del nivel o piso de Ruido Radioeléctrico por sobre la sensibilidad del sistema de recepción, de un futuro radiotelescopio ubicado en la ciudad de Tegucigalpa y sus alrededores.

Objetivos Específicos

1. Determinar de forma mensual durante el periodo de un año, el valor de la intensidad de campo eléctrico del Ruido Radioeléctrico por sobre la sensibilidad del sistema receptor de un Radiotelescopio en frecuencia 406 - 410 MHz.
2. Determinar el porcentaje de enmascaramiento que produce el valor de la Intensidad de campo eléctrico del Ruido Radioeléctrico.

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

Los radiotelescopios son utilizados para recibir la información proveniente de las llamadas fuentes de radio (Sol, Estrellas, Galaxias (emisión Sincrotón), Supernovas (Rayos Gamma), Enanas Blancas, Pulsares etc.).

Esta información es recibida a través de las ondas de radio que emiten estas fuentes, luego la información es discriminada a fin de eliminar ó filtrar todo lo que no es información propia de la fuente, después la información es procesada digitalmente, luego se almacena para su posterior estudio.

Es dentro de este marco, que existe la necesidad de determinar el valor de intensidad de Campo Eléctrico del lugar, en base a lo estipulado por la *Unión Internacional de Telecomunicaciones en la Recomendación-UIT*, Cuestión ITU-R 214-2/3, -2007.

Esto está íntimamente ligado con las formas y mecanismos de protección para un radiotelescopio, tal como lo estipula la *International Telecommunications Union -ITU*, en la publicación *ITU-R RA.1031-2, "Protection of the Radio Astronomy Service in Frequency Bands shared with other services" -2007*.

Es conocido que todo equipo de radiocomunicaciones tales como los radiotelescopios, presentan una sensibilidad característica, esta no debe ser afectada por ningún parámetro radioeléctrico a fin de garantizar una operación correcta del equipo. Las variaciones en los niveles del piso de ruido se deben a muchos factores (ruido natural, ruido térmico, ruido intrínseco, Piso de *ruido radioeléctrico*, ruido artificial) estas variaciones tienen efectos dañinos sobre la sensibilidad de un radiotelescopio.

Por lo anterior es necesario que previo a la implementación de un radiotelescopio el poder determinar los valores mínimos, promedios y máximos del componente de *Ruido radioeléctrico* que es el componente principal, este componente puede ser tan ponderante que ejerza un efecto de enmascaramiento a tal punto que sature las señales de los estudios que realizaría el radiotelescopio.

Lo anterior se denomina *caracterización de ruido radioeléctrico* y sirve para determinar el valor de dicho ruido sobre la sensibilidad del equipo y el enmascaramiento sobre las señales a estudiar a futuro, así como de sugerir formas de proteger los equipos.

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS

Equipos / Instrumentos

El equipo cuenta con procesadores en el dominio de la frecuencia, su propia antena integrada de varios elementos, cableado, ordenadores y servidores como los mostrados en la Figura1, donde se muestra la configuración general del equipo.

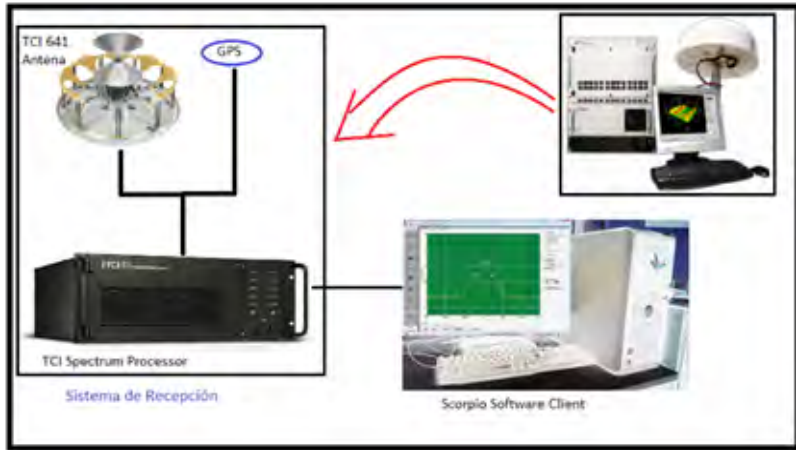


Figura 1. Configuración general del equipo #1; Crédito: TCI.

En la tabla 1, se listan las características radioeléctricas de recepción del sistema integrado de medición del equipo:

Tabla 1. Características Técnicas Equipo #2, Sistema integrado de Medición.

Marca	TCI
Modelo antena	TCI-641
Rango de operación Frec.	20MHz a 3000 MHz
Impedancia de entrada	50 Ω
Sensibilidad Procesador Espectros	@1 GHz: -18dB μ V/m; @2 GHz: -11dB μ V/m
Ganancia de Antena	2 a 9 dBi
Tipo de patrón de radiación	Omni-direccional (monitoreo y DirectionFinding)
Tipo de elementos	9 tipo Horn – uno tipo OmniBiconico UHF – uno tipo Biconico para monitoreo y referencia

A continuación, se detalla el equipo móvil, conformado por distintos instrumentos como ser tres tipos de antenas, cableados y analizadores de espectro independientes.

En la tabla 2 se muestra algunas de las características técnicas del receptor móvil (Analizador de Espectros Radioeléctricos) que fue utilizado para esta investigación.

Tabla 2. Características Técnicas Analizador de Espectros

Marca	AGILENT
Modelo	E4408B
Rango de operación Frec.	9KHz a 26 GHz
Impedancia de entrada	50 Ω
Temperatura de operación	0° a 55° C
Nivel de Ruido promedio en pantalla, @ 1 - 1.5 GHz	-123, -130*dBm; *Típico (0 dB atenuación)
Nivel de Ruido promedio en pantalla, @ 2 - 3 GHz	-120, -128*dBm; *Típico (0 dB atenuación)
Rango de Video Bandwidth	30 Hz a 3 MHz
Rango de Resolution Bandwidth	1kHz a 5 MHz @ -3 dB
Rango Span	0, 100Hz hasta 26.0GHz
Tiempo de barrido (Sweep time)	4 mS hasta 4000 Seg.
Precisión (OverallAccuracy)	+/- 1.1 dB

La Figura 2 muestra la configuración general del sistema de Recepción móvil.

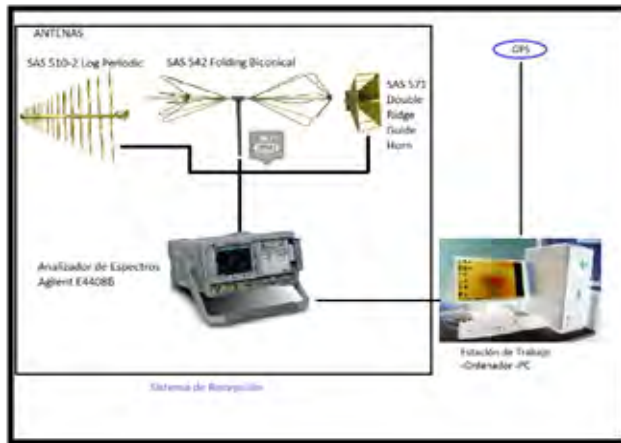


Figura 2. Configuración general del equipo #2.

TÉCNICAS

Las técnicas utilizadas están descritas y contenidas en las reglamentaciones emitidas y publicadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones –UIT, descritas en el “*Handbook Spectrum Monitoring*”, 2011, Caps. 3, 4 y 5.

En primer lugar, estas especifican claramente que se debe utilizar equipo especializado, tal como en el utilizado en esta investigación, en cuanto a cumplimiento de especificaciones técnicas para este tipo de investigaciones.

En segundo lugar, especifican las técnicas a utilizar, en nuestro caso las técnicas son las siguientes:

En primera instancia la denominada “Muestreo de *Ocupación de Banda*”, esta procura identificar las emisiones presentes en una banda o rango de frecuencias, realizando toma de datos en ciertos anchos de banda en KHz a fin de detectar posibles emisiones radioeléctricas.

En segunda instancia la denominada “Muestreo de *Ocupación de Canal*”, esta procura identificar las emisiones presentes en una frecuencia específica a fin de determinar sus parámetros radioeléctricos, así como porcentajes de ocupación.

Cada técnica tiene procedimientos específicos, basados en las propiedades de propagación de las radiofrecuencias y sus tipos de modulación.

PLAN DE ANALISIS

Para determinar la sensibilidad del sistema de recepción, hacemos uso de la siguiente relación:

(4.3.1)

$$S_{sys} = kTB + NF - G_{sys} + SN$$

Donde:

S_{sys} = Sensibilidad del Sistema en dBm

kTB = Piso de Ruido del Receptor en dBm: -174dBm/Hz

NF = Figura de Ruido del Sistema en dB: 27.079

G_{sys} = Conjunto de pérdidas y ganancias de los elementos del sistema: 2.411 dB

SN = Relación Señal/Ruido requerida para la detección de una señal (en dB): 10 dB

El primer término se determina a partir del ruido térmico que prevalece en el sitio, el segundo término es la Figura de Ruido, el tercer término representa las ganancias y pérdidas totales del sistema y el último término es la relación señal a ruido y representa el nivel mínimo óptimo para detectar una señal por arriba del nivel del ruido.

La temperatura ambiente, proporciona el primer dato importante para calcular el llamado "Ruido Térmico", también conocido como "Ruido de Antena" o "Ruido Nyquist – Johnson".

El ruido térmico se describe físicamente de la siguiente forma, para un ancho de banda de 1Hz.

(4.3.2)

$$P_{\text{watt}} = kT \left(\frac{\text{Watts}}{\text{Hz}} \right)$$

Y para un ancho de banda determinado

(4.3.3)

$$P_{\text{watt}} = kTB \quad (\text{watts})$$

Donde:

P: Densidad de potencia del ruido en watts

k: Constante de Boltzmann = $1.3803 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

T: Temperatura absoluta en grados Kelvin; donde: $t(^{\circ}\text{C}) = T(^{\circ}\text{K}) - 273.15$

B: Ancho de banda en Hertzios.

En telecomunicaciones, la potencia suele expresarse en decibelios relativos a 1 milivatio (dBm), suponiendo una carga de 50 ohmios. Bajo estas condiciones, a temperatura ambiente estándar (300°K) el ruido vale:

(4.3.4)

$$P_{\text{dBm}} = -174 + 10 \log(\Delta f)$$

Donde:

$\Delta f = f_2 - f_1 = \text{Ancho de banda} - AB$

Para esto primero determinamos el valor correspondiente en dBm de la sensibilidad del procesador de espectros (-18 dB μ V/m hasta 1 GHz) y su valor en dBm es definido por:

(4.3.5)

$$P_{(\text{dBm})} = -77.21 + P_{(\text{dB}\mu\text{V/m})} - 20 * \text{LOG } f(\text{MHz}) + G_{Ri}$$

Donde:

P (dBm): = Potencia: Sensibilidad del Procesador de Espectros

P (dB μ V/m): -18

f (MHz)= 408 MHz

G (Ri)=Ganancia de antena (isotrópica)

Siendo la sensibilidad del procesador de espectros en dBm de -144.51 dBm.

Para la Ganancia de antena (isotrópica) también realizamos interpolación entre los valores de 2 dB @20 MHz y 9dB @ 3000 MHz, cuyo valor es de 2.911 dB para 408 MHz, ahora teniendo este dato del procesador, ahora calculamos su NF.

La Figura de Ruido –NF, se obtiene por la relación (4.3.6)

(4.3.6)

$$NF = P_{Nout} - (-174dBm/Hz + 10 * \text{Log}_{10}(BW) + G_{Ri})$$

Donde:

NF: Figura de Ruido

P_{Nout} : Potencia de Ruido en el receptor en dBm: -144.51 dBm típico para 408 MHz.

-174dBm/Hz: Ruido Térmico a 290°K (Temp. Ambiente Estandarizada)

BW: Ancho de Banda en Hz

Gain: Ganancia total del sistema (Ganancias – Pérdidas) en dB: (2.911 – 0.5) = 2.411 dB.

Las pérdidas debidas a cables conectores se determinaron pruebas de laboratorio obteniendo como resultado 0.5 dB. Por lo que la sensibilidad de este sistema de recepción está dada por la siguiente relación: Con lo que obtenemos una NF= 27.079 dB.

Con todos los cálculos anteriores podemos obtener la sensibilidad total del sistema tenemos la siguiente relación (4.3.1)

$$S_{sys} = kTB + NF - G_{sys} + SN \quad \text{Obteniendo una sensibilidad } (S_{sys}) = -139.332 \text{ dBm.}$$

ANALISIS DE DATOS

En base a los objetivos específicos de esta investigación, se analizan a continuación, el ruido Radioeléctrico presente en Tegucigalpa, específicamente en el OACS y después el porcentaje de enmascaramiento sobre dos señales detectadas durante esta investigación.

RUIDO RADIOELECTRICO

A continuación, se presentan gráficos estadísticos anuales, obtenidos del procesamiento de datos, de los niveles de ruido Radioeléctrico en varios Anchos de Banda (AB) y luego los gráficos anuales individuales.

La figura 3, muestra la gráfica correspondiente a Intensidad de Campo (FI –en inglés) del Ruido Radioeléctrico de forma anual, en sus valores correspondientes a cada ancho de banda.

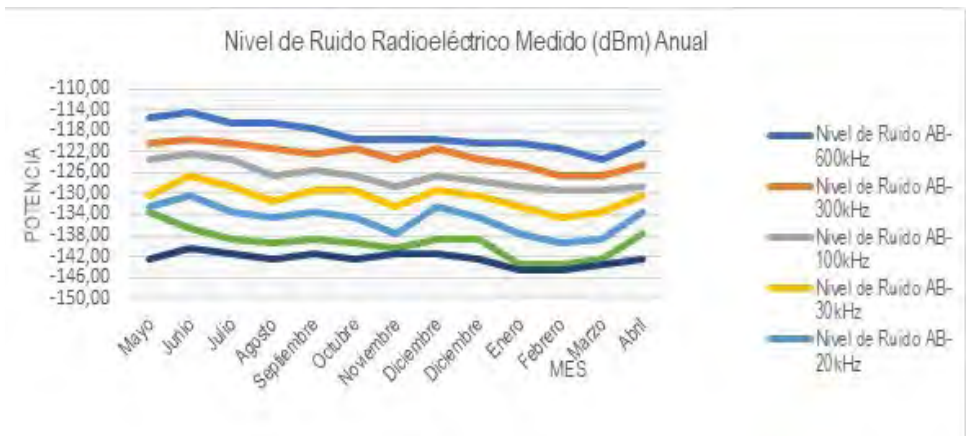


Figura 3. Intensidad de Campo del Ruido Radioeléctrico en 406–410MHz, (408MHz).

En las figuras del 4 al 11, se muestran las variaciones anuales en respecto a distintos anchos de banda.

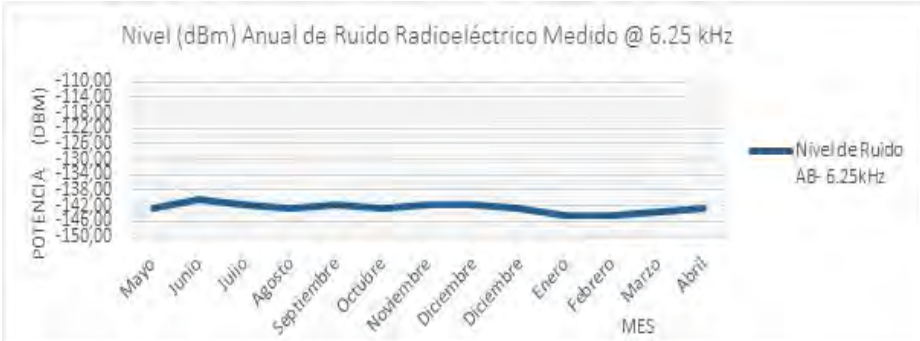


Figura 4. Intensidad de Campo del Ruido Radioeléctrico en 408MHz @ 6.25kHz de AB.

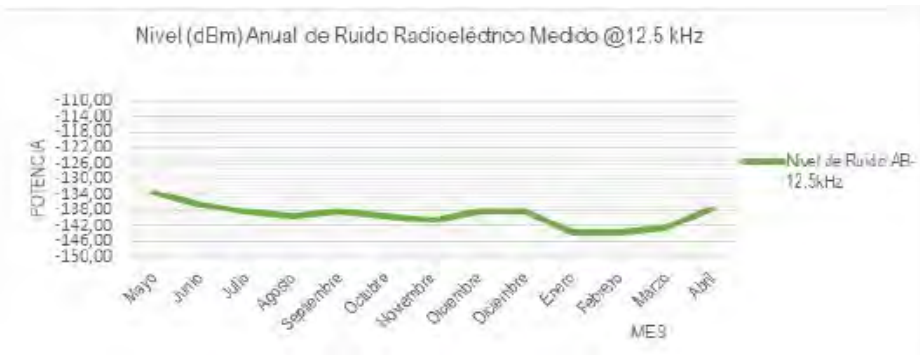


Figura 5. Intensidad de Campo del Ruido Radioeléctrico en 408MHz @ 12.5kHz de AB.

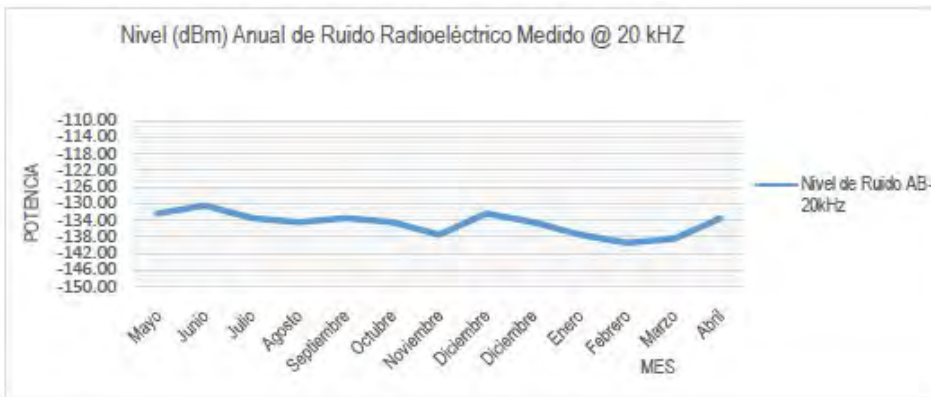


Figura 6. Intensidad de Campo del Ruido Radioeléctrico en 408MHz @ 20kHz de AB.

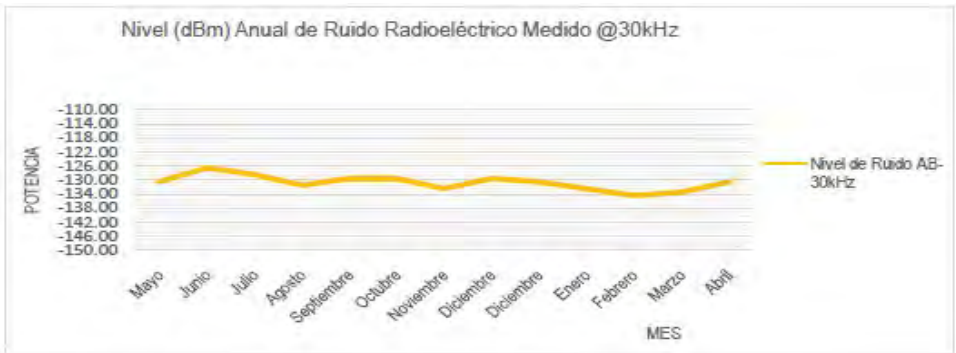


Figura 7. Intensidad de Campo del Ruido Radioeléctrico en 408MHz @ 30kHz de AB.

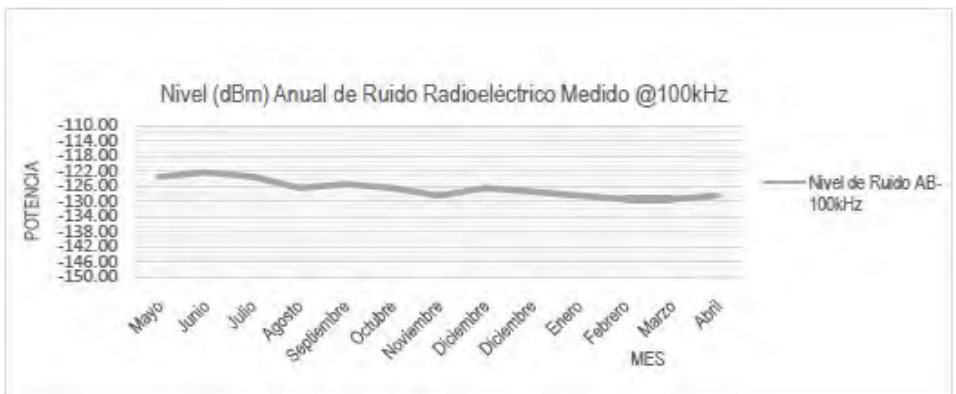


Figura 8. Intensidad de Campo del Ruido Radioeléctrico en 408MHz @ 100kHz de AB.

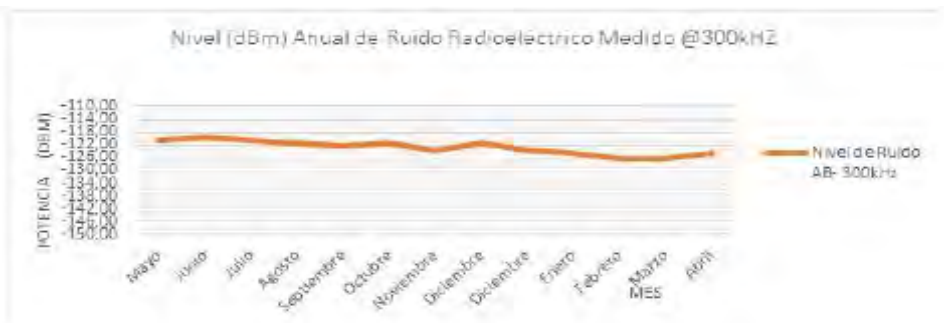


Figura 9. Intensidad de Campo del Ruido Radioeléctrico en 408MHz @ 300kHz de AB.

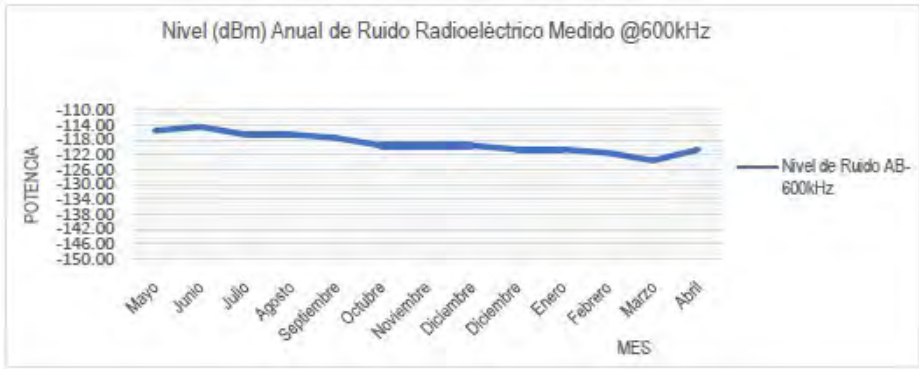


Figura 10. Intensidad de Campo del Ruido Radioeléctrico en 408MHz @ 600kHz de AB.

En la Figura 11, se observa que los anchos de banda por arriba de 12.5 kHz presentan los peores casos de excesos de Ruidos Radioeléctricos, en figura 12 se ve el nivel de ruido por sobre la sensibilidad del sistema y en la figura 13 el promedio exceso de este ruido.



Figura 11. Intensidad de Campo del Ruido Radioeléctrico en 408 MHz/AB

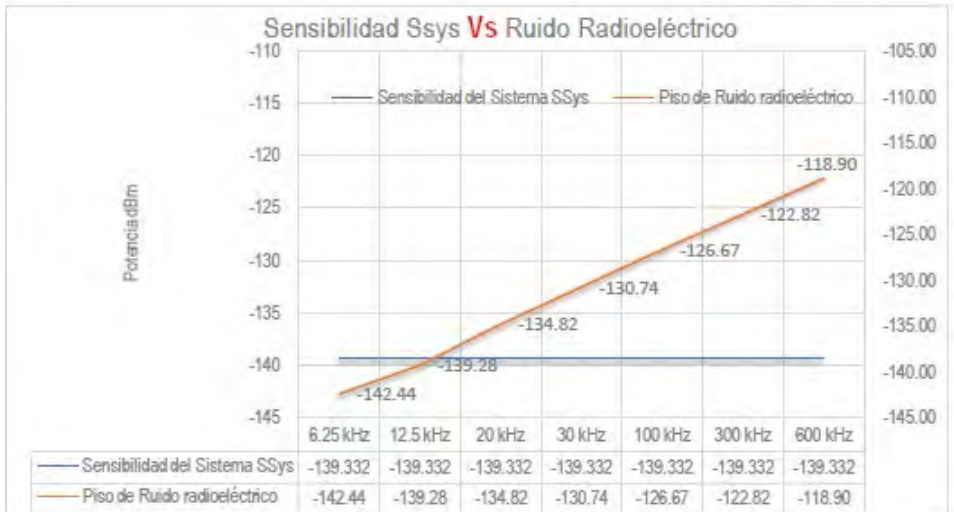


Figura 12. Sensibilidad del Sistema Vs el nivel de Ruido Radioeléctrico en 408MHz/AB.



Figura 13. Gráfico del exceso de Ruido Radioeléctrico en 408MHz/AB.

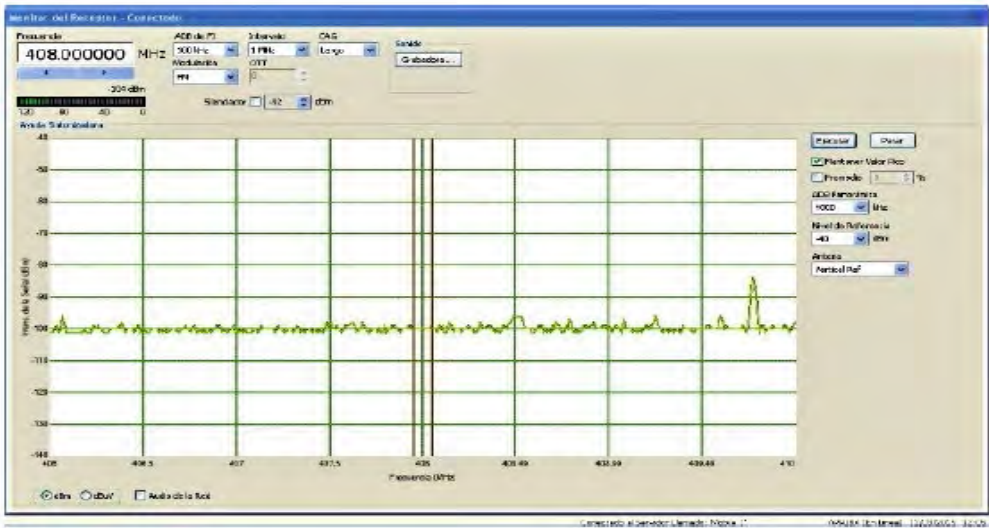
Los mejores casos se obtienen a Anchos de Banda menores a 12.5 kHz.

PORCENTAJE DE ENMASCARAMIENTO DE SEÑALES

Determinar el enmascaramiento es muy importante porque nos permite conocer el porcentaje de confiabilidad al analizar una señal, además nos da una idea clara de las acciones correctivas necesarias a implementar para disminuir sus efectos sobre la señal.

Para determinar el enmascaramiento de señales, es necesario obtener primero una señal, para luego en base al nivel de Sensibilidad del Sistema obtener su Intensidad de Campo y al comparar con el exceso de Ruido Radioeléctrico se determinará el porcentaje de enmascaramiento sobre la señal.

Para este análisis a continuación se presenta la imagen 1, correspondiente al rango de frecuencias de 406 a 410 MHz.



Eje Y: Campo eléctrico dBm

Eje X: MHz

Figura 14. Rango de Frecuencias de 406 a 410 MHz.

CONCLUSIONES GENERALES

1. *Ruido Radioeléctrico*, los resultados de la investigación demuestran que no hay excesos relevantes por sobre la Sensibilidad del equipo, en Anchos de Banda menores a 12.5 kHz, los valores se encuentran entre -0.05 dBm hasta -3.10 dBm, siendo esta una condición muy favorable para los radiotelescopios.
2. Para Anchos de Banda mayores de 12.5 kHz existen excesos de Ruido Radioeléctrico que van desde 4.51 dBm hasta 20.44 dBm, sin embargo, puede ser corregido técnicamente.
3. *Porcentaje de Enmascaramiento*, se determinaron, para un Ancho de Banda de 100 kHz un rango de 40.43% hasta 23.31% de enmascaramiento producido por el Ruido Radioeléctrico, esto corresponde a una confiabilidad de señal de 59.56% hasta 76.68% de las señales recibidas en frecuencias de 408.5 y 409.775 MHz respectivamente.
4. Se constató que, en la ciudad de Tegucigalpa, específicamente en la ubicación del OACS, el Ruido Radioeléctrico es elevado para Anchos de Banda mayores de 12.5 kHz, por lo que señales débiles como la detectada en 408.5 MHz serían afectadas si no se toman las medidas técnicas necesarias.
5. Y el Porcentaje de Enmascaramiento, depende directamente de las intensidades de Campo del Ruido Radioeléctrico y la señal origen, si la intensidad de la señal es baja, entonces el enmascaramiento es mayor y viceversa.

RECOMENDACIONES

Sobre el Ruido Radioeléctrico en VHF 406 a 410 MHz.

En el caso específico del Ruido Radioeléctrico, si la ubicación del radiotelescopio es en ambientes citadinos o sus alrededores, este ruido puede mitigarse, pero no puede ser eliminado en su totalidad para disminuir los efectos nocivos del Ruido Radioeléctrico sobre señales básicamente a través de las siguientes medidas:

1. Ubicar la antena preferiblemente en lugar alto, de forma que la incidencia del ruido sea mínima.

2. Utilizar cables de Fibra Óptica para comunicación entre los componentes del radiotelescopio.
3. Instalar el cableado en tubería subterránea, tanto el de energía eléctrica, sí como los de interconexión entre antenas y receptores.
4. Reducir la temperatura en los espacios que se instalaran los equipos de procesamiento de datos.
5. Utilizar equipos amplificadores de alto rendimiento.
6. Utilizar equipos detectores específicos para las señales a analizar.
7. Implementar Trampas de Faraday alrededor de las antenas.

Sobre el Enmascaramiento y Confiabilidad

Es importante mencionar que el ruido es inherente a todo equipo radioeléctrico, o sea que siempre habrá Ruido Radioeléctrico, sin embargo, este puede ser mitigado hasta niveles aceptables con poca incidencia sobre las señales bajo estudio. Existen varias formas de mitigar “Emisiones no Esenciales” como el ruido, tomando factores como la ubicación, tipo de antenas, tipo de receptores, tipo de amplificadores, tipo de detectores, tipos de cable, conectores, así como la implementación de protocolos de uso de instalaciones de radiotelescopios, como ser la no utilización de dispositivos electrónicos e los alrededores del radiotelescopio.

Sobre ubicaciones favorables

El mejor caso o el caso “ideal es colocar los radiotelescopios en zonas alejadas de concentraciones humanas, que son las responsables de generar emisiones radioeléctricas para sus comunicaciones personales y otras actividades, en nuestro caso, en Honduras existen aún zonas de poca “congestión” radioeléctrica de origen artificial, fuera de las ciudades principales.

BIBLIOGRAFÍA

- International Telecommunications Union –ITU, “Handbook Spectrum Monitoring”, Ginebra, Suiza, Edición 2011, Caps. 3, 4 y 5.
- International Telecommunications Union –ITU, Recommendation ITU-R RA.1031-2, “Protection of the Radio Astronomy Service in Frequency Bands shared with other services” Ginebra, Suiza, 1994-1995-2007.
- Beaudet, M. Carla; Watts, Galen; Acree, Jeff; Radford, Simon J. E; July 2003. “RFI Survey at the ALMA Site at Chajnantor”, ALMA Memo 470. National Radio Astronomy Observatory. USA.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones –UIT, Cuestión ITU-R 214-2/3, “Ruido Radioeléctrico” Ginebra, Suiza, 1978-1982-1990-1993-2000-2007.
- International Telecommunications Union –ITU, Recommendation ITU-R RA.769-2, “Protection Criteria used for Radio Astronomical measurements” Ginebra, Suiza, 1992-1995-2003.
- International Telecommunications Union –ITU, Recommendation ITU-R P.372-7, “Radio Noise” Ginebra, Suiza, 1951-1953-1956-1959-1963-1974-1978-1982-1986-1990-1994-2001.
- Agilent Technologies Inc., “Fundamentals of RF and Microwave Noise Figure Measurements”, USA, August 2010.
- European Science Foundation, Committee on Radio Astronomy Frequencies –CRAF, “Handbook for Radio Astronomy”, Strasbourg France, 3rd edition May 2005.
- Working Group on RFI Measurements, “RFI Measurements Protocol for Candidate SKA Sites”, Square Kilometer Array, May 2003.
- Steven W. Ellingson, “IIP RFI Survey: Version 2”, July 2002
- Steven W. Ellingson, “A simple Way for Measuring Noise Figure”, September 2002.
- “Measurements of Man-Made Spectrum Noise Floor”, National Aeronautic and Space Administration –NASA, USA, Nov 2004.

- International telecommunication Union –ITU, Pagina Web: <http://www.itu.int/>
- National Radio Astronomy Observatory –NRAO (VLA), Paginas Web: <http://www.nrao.edu/>; <https://science.nrao.edu/facilities/vla>
- Agilent Technology Inc., Pagina Web: <http://literature.agilent.com/>
- TCI Company, Pagina Web: <http://www.spx.com/en/tci/>