

Evaluación del Rango de Transmisión de LoRa para Redes de Sensores Inalámbricos en un ambiente rural de gran extensión y baja densidad de árboles.

Carlos Arturo Alvarez Aguilar
Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones
Universidad de Cuenca
Cuenca, Ecuador
carlos.alvareza@ucuenca.ec

Ing. Andrés Marcelo Vázquez Rodas, PhD
Departamento de Investigación de la Universidad de Cuenca
Universidad de Cuenca
Cuenca, Ecuador
andres.vazquezr@ucuenca.edu.ec

Ing. Alcides Fabián Araujo Pacheco M.Sc
Departamento de Investigación de la Universidad de Cuenca
Universidad de Cuenca
Cuenca, Ecuador
alcides.araujo@ucuenca.edu.ec

Resumen—El concepto de Internet de las cosas (IoT), no es nuevo. Sin embargo, no se ha llevado a la práctica de una manera contundente debido a las limitaciones tecnológicas. En la actualidad, se desarrollan diferentes tipos de redes que cumplan con los requerimientos del IoT. Entre ellas, están las redes de largo alcance y bajo consumo de energía (LPWAN). Las redes LPWAN son redes inalámbricas de largo alcance que se caracterizan por un bajo consumo de energía. La red LoRaWAN sobresale entre las redes LPWAN y es una de las tecnologías que mejor se perfilan para el IoT. La modulación LoRa utiliza una técnica de espectro ensanchado de chirp que ofrece gran resistencia a la interferencia, un buen presupuesto de enlace de comunicación y alto rendimiento con un bajo consumo de energía. Este documento se enfoca en evaluar el desempeño de la tecnología LoRa en exteriores, esencialmente en un ambiente rural abierto. Este tipo de ambientes es propicio para aplicaciones como la agricultura inteligente. Se toma como área de estudio la granja Irquis de la Universidad de Cuenca, ubicada en la provincia del Azuay, Ecuador. Mediante el uso del kit de evaluación LoRa 900 de Microchip, se realiza una campaña de mediciones. Con los datos recolectados en las mediciones se plantea determinar un modelo empírico de pérdidas de trayectoria basado en el indicador de nivel de señal recibida (RSSI). Los resultados muestran que en un ambiente despejado y con un gateway colocado a 10 m de altura, es posible tener cobertura en toda la granja. El punto más alejado se encuentra a 1000 m del gateway. Se observó que el RSSI se ve afectado no por la distancia sino por los obstáculos que se encuentran entre el nodo y el gateway. Es importante colocar el gateway a una altura adecuada y de ser necesario colocar un segundo gateway en zonas donde la vegetación u otros obstáculos afecten demasiado a la transmisión.

Index Terms—LoRa, LoRaWAN, Modelo, RSSI, Rural

I. INTRODUCCIÓN

El Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things) se puede concebir como una red abierta de objetos inteligentes que

tienen la capacidad de auto-organizarse, compartir información y recursos, y reaccionar frente a cambios en el entorno [1]. Aprovechando las capacidades de identificación, adquisición de datos, procesamiento y comunicación, IoT combina diferentes dispositivos para ofrecer servicios en varios campos [2]. IoT puede desplazarse a través de diferentes tipos de redes fijas o inalámbricas, entre las inalámbricas están las redes de largo alcance y bajo consumo (LPWAN, Low-Power Wide-Area Network) [3].

Los nodos sensores por su tamaño y sencillez, están dotados de recursos muy limitados. Las investigaciones centran sus esfuerzos en optimizar el uso de los recursos que se disponen en un nodo. Por ejemplo, el uso de la energía [4], la comunicación de largo alcance [5] y la conectividad entre nodos sensores [6]. De estas investigaciones nacieron tecnologías que optimizan el consumo de energía y el alcance de transmisión. Entre dichas tecnologías se encuentra Long Range (LoRa) [7].

La modulación de capa física LoRa utiliza una técnica de espectro ensanchado de chirp (CSS, Chirp Spread Spectrum). Permite alcanzar largas distancias de transmisión, gran inmunidad a la interferencia y un buen presupuesto de enlace con un bajo consumo de energía. La tasa de datos que maneja es baja, en el orden de los kbps ya que está orientado a aplicaciones donde se requiera enviar poca información y de manera esporádica.

LoRaWAN es un protocolo diseñado para proveer de conexión a Internet a dispositivos energizados por baterías. Apunta a satisfacer requisitos claves del IoT, como la comunicación bidireccional, la seguridad de extremo a extremo, la movilidad y los servicios de localización [8]. Se tiene diferentes clases de dispositivos finales: A, B y C. Los dispositivos clase A están dirigidos principalmente para aplicaciones donde únicamente se requiera enviar datos del nodo al *gateway*, presenta un

menor consumo de energía. Por su parte, los dispositivos clase B y C, están pensados para aplicaciones que requieran comunicación en ambos sentidos. Estos dispositivos consumen más energía.

Dadas sus características, la tecnología LoRa es idónea para aplicaciones que requieren cobertura en grandes áreas abiertas, donde, por ejemplo, la agricultura de precisión sobresale por su importancia. En la actualidad, se requiere potenciar los procesos de cultivo haciéndolos más eficientes. Por lo tanto se ha visto la necesidad de fomentar propuestas que aplican tecnología a los procesos agrarios.

Resulta bastante complejo tender cables que crucen los campos, ya que se necesitarían recorrer largas distancias y estar expuestos a diferentes factores como la intemperie, la humedad o roedores. Para solventar estos inconvenientes, se ha volcado la mirada a las comunicaciones inalámbricas como LoRa. Con esta herramienta, es posible brindar al agricultor información sobre el estado de plantas, suelo y ambiente permitiendo tomar las medidas necesarias a tiempo y de manera mesurada, lo cual no es factible con los procesos de cultivo tradicionales.

La principal contribución de este trabajo es la evaluación del desempeño de la tecnología LoRa en un ambiente abierto rural con baja densidad de árboles. Además se plantea ajustar un modelo de pérdidas de trayectoria que facilite el desarrollo de redes de sensores con tecnología LoRaWAN en ambientes rurales abiertos.

Para lograr esto, se hará una campaña de mediciones en la granja de Irquis perteneciente a la Universidad de Cuenca y en lotes conlindantes con el fin de tener una mayor área de estudio. Mediante la campaña de mediciones, se obtendrá el valor del indicador de nivel de señal recibida (RSSI, Received Signal Strength Indicator) de cada transmisión. Se utilizará el kit de evaluación LoRa 900 de Microchip. Se tomará la tasa de paquetes perdidos (PER, Packet Error Rate) como parámetro de calidad de la red. Las transmisiones serán receptadas por el *gateway*, que a su vez las transmitirá al servidor, este, descifrará la información y almacenará los valores de RSSI y el PER [9].

II. MODELO DE PÉRDIDA DE TRAYECTORIA

Los modelos de pérdidas de trayectoria logarítmicos o exponenciales, son los más usados para definir modelos empíricos para aplicaciones que usan este tipo de tecnología y se basan en indicador RSSI. En [10] y [9] se define un modelo que toma en cuenta el RSSI. La Ecuación 1 describe este modelo.

$$P_L(dB) = a + b \times \log(d) + X \quad (1)$$

Donde:

- P_L = Pérdidas de trayectoria en dB.
- d = Distancia de transmisión.
- a, b = Valores experimentales ajustados mediante los datos obtenidos en las campañas de medición.
- X = Representa la característica estocástica de la señal debido al ruido y al desvanecimiento multitrayectoria.

El factor exponencial de distancia es expresado por b ; mientras que a representa la potencia transmitida y la ganancia del sistema [10].

La aleatoriedad de la señal recibida es calculada con los datos medidos. Se asume X como una variable estocástica con distribución normal y media cero.

El nivel de potencia RSSI puede expresarse mediante la Ecuación 2 [11].

$$R_P = T_P + G_t + G_r - P_L \quad (2)$$

Donde:

- R_P = Potencia recibida por el transmisor en dBm.
- T_P = Potencia transmitida en dBm.
- G_t = Ganancia de la antena del transmisor en dBi.
- G_r = Ganancia de la antena del receptor en dBi.

III. METODOLOGÍA

En esta sección se muestra las características de los equipos utilizados y la metodología implementada para la campaña de mediciones.

III-A. Equipos

Se plantea el uso del kit de evaluación de Microchip LoRa 900 formado por una tarjeta *gateway* y un dispositivo final RN2903, en conjunto con la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi v3 modelo B.

El nodo está constituido por el módulo LoRaWAN RN2903 clase A que trabaja a 915 MHz y por un Raspberry Pi v3 modelo B, mediante el cual se configura al nodo y se visualiza a través un led el momento en que se está realizando una transmisión. Por su parte, en el lado del receptor se cuenta con un *gateway* LoRa, constituido por una tarjeta de *core* y una de radio, lo que le permite recibir los paquetes del nodo de manera inalámbrica y enviarlos al servidor de red vía Ethernet. El servidor está implementado en otro Raspberry Pi v3 modelo B, el cual se encarga de descifrar los paquetes y almacenarlos en un archivo de extensión csv. En la Figura 1 se presenta la disposición física de los equipos que conforman la red.

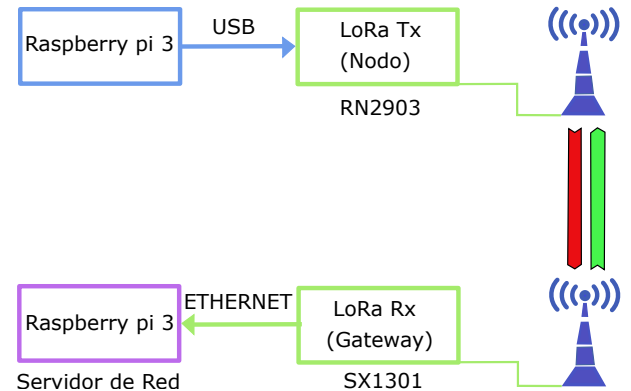


Figura 1. Disposición física de los equipos.

III-B. Método de adquisición de datos

En la granja se dispone de tres torres de aerogeneradores de pequeña potencia. Estas torres están ubicadas aproximadamente en el centro del área de estudio y tienen una altura de 24 m.

Se realiza la toma de datos de forma radial [12]. El método consiste en colocar el *gateway* en una de las torres a una altura de 10 m y el nodo transmisor se ubica a una determinada distancia para luego desplazarse de forma radial al rededor del *gateway*. El punto más alejado desde la torre se encuentra a 1050 m por lo que se considera conveniente trazar circunferencias a intervalos de 50 m. Los puntos de transmisión se ubican en cada radio separados 22.5° hasta completar los 360° que representa cubrir toda el área de estudio. Un radio está determinado por los puntos de transmisión que se hallan en una dirección lineal desde la torre central. Se tienen 16 radios distribuidos uniformemente en toda el área.

En la granja se dispone de tres puntos que han sido georeferenciados previamente. A partir de dichos puntos y con la ayuda de una Estación Total y un prisma, se determina las coordenadas geográficas de la torre donde se ubica el *gateway* y todos los puntos de transmisión. En la Figura 2 se muestra parte de los puntos de transmisión.



Figura 2. Puntos de transmisión.

IV. DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE SELECCIONADO

El experimento se realiza en la granja Irquis, la cual se caracteriza por tener baja densidad de árboles, vegetación de mediana y baja altura. La superficie aproximada del área en donde se toman los datos es de 1.28km^2 . En esta área se tiene de manera general tres escenarios según la topología del suelo.

El escenario uno está aproximadamente 12 m por debajo de la base de la torre del *gateway*. Es prácticamente plano y existe una línea de vista despejada ya que no posee vegetación que interfiera. Esta zona se representa por el Radio 5, el cual muestra la regularidad del terreno, su respectivo perfil topográfico se muestra en la Figura 3.

En el escenario dos se caracteriza por ser un terreno irregular, presenta undimientos de aproximadamente 16 m a lo largos de los radios. Se tiene la presencia de vegetación de mediana altura y grandes árboles de pino. Esta zona se representa por el Radio 9 cuya topografía se muestra en la Figura 4.

El escenario tres se encuentran en la parte trasera de la torre donde está colocado el *gateway*. Presenta algunas edificaciones de baja altura construidas de ladrillo. Además este escenario presenta una escasa vegetación. Una consideración de estos puntos del terreno, es que parte de ellos se encuentran en las zonas más altas respecto al área de estudio. Este escenario se representa por el Radio 13 cuya topografía se muestra en la Figura 5.

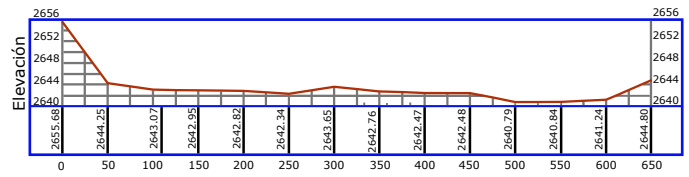


Figura 3. Perfil topográfico de R5.

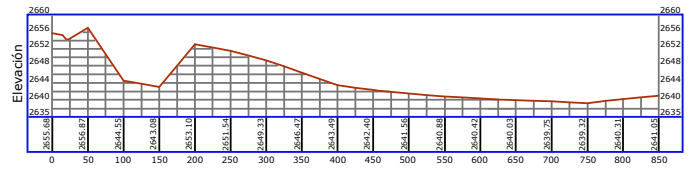


Figura 4. Perfil topográfico de R9

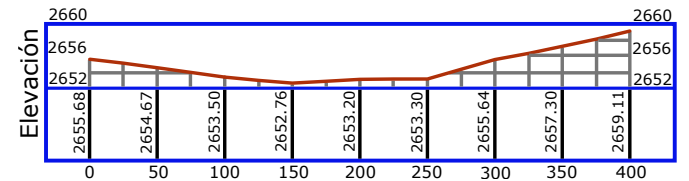


Figura 5. Perfil topográfico de R13

V. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Para la implementación del proyecto se configuró el kit de evaluación LoRa 900 de Microchip con la máxima potencia de transmisión 18 dBm y un BW de 125 KHz. Se hizo combinaciones de dos SF 10 y 12 con tres cargas útiles de 2 bytes, 6 bytes y 11 bytes respectivamente, para dar un total de 6 configuraciones. Esto con el fin de determinar el comportamiento con cada uno y verificar si es relevante mencionarlo en la determinación del modelo de pérdidas a plantear. La cantidad de paquetes seleccionada para el análisis del PER es de 60. En un estudio previo se determinó que cuando hay línea de vista, el PER guarda la misma relación con 60 paquetes o con una cantidad mayor. En este caso en la mayoría de la granja se tiene una zona de Fresnel bastante despejada. Además se considera el tiempo que toma cada

transmisión, teniendo en cuenta que se tiene una gran cantidad de puntos.

En primer lugar se encuentra la definición del sitio donde debe colocarse el transmisor. En el Raspberry Pi del nodo se implementó un script que permite iniciar una transmisión presionando un botón. Un indicador led advierte el momento en que inicia y finaliza una transmisión. El circuito de botón y led se conecta al Raspberry por medio del puerto GPIO, la programación de estos puertos se la realiza a través de una implementación en Java, en el mismo se realizan las configuraciones del nodo LoRa.

En el Raspberry Pi que se usó como servidor, se implementó un código para poder visualizar en una pantalla la llegada de los paquetes. Entre los datos que se muestran en la pantalla está una numeración para poder llevar un control y asegurar que las transmisiones se realicen de manera exitosa. En el servidor se implementó un script en el lenguaje de programación Java, el cual permite recibir los paquetes IPv4 creados por el *gateway*, los descifra y los almacena en un archivo con extensión csv.

Los datos recolectados fueron los valores asociados al número de paquetes no recibidos y el valor RSSI.

VI. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tras la obtención de los datos transmitidos desde cada punto, se estableció el uso de métodos estadísticos para obtener un valor promedio del RSSI. Los valores promedio del RSSI se hicieron para cada una de las seis configuraciones. Al graficar los valores de RSSI se advierte en general, tendencias semejantes a lo largo de varios radios. Si al comparar todos los radios se encuentra una semejanza estadística, se puede determinar un solo modelo para toda el área, caso contrario habrá que identificar que zonas se diferencian y definir un modelo para cada zona.

Existen dos alternativas o métodos estadísticos diseñados específicamente para pruebas de hipótesis múltiples o comparación, las paramétricas y no paramétricas. Si la distribución de los valores es normal se aplica una prueba paramétrica y de no ser el caso, se aplica una prueba no paramétrica. Para determinar la normalidad de la distribución de los radios se hizo la prueba de normalidad de Kolmogorov- Smirnov la cual determinó que no son datos con distribución normal, por lo tanto para hacer la comparación estadística es necesario una metodo no paramétrico.

El método de comparación para poblaciones no paramétricas Kruskal Wallis permite determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa comparando todos radios por parejas. Este test entregó como resultado que no todos los valores de RSSI que caracterizan a cada radio son semejantes estadísticamente.

Por lo tanto se pasó a realizar una prueba *post hoc*. La prueba *post hoc* más utilizada con la prueba de Kruskal-Wallis es el test de Dunn. Esta prueba permite conocer entre qué pares de radios se tiene una diferencias estadística significativa y entre cuales no hay una diferencia significativa. Esto permite

agrupar los radios entre similares y plantear un modelo para cada grupo [13].

Mediante el test de Dunn se encontró que existe una relación entre ciertos radios, lo cual se resume en la Tabla I.

Cuadro I
DISTRIBUCIÓN DE RADIOS EN GRUPOS

Grupo	Radios
1	2 - 3 - 4 - 5
2	6 - 7 - 8 - 9 - 16
3	1 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15

VII. RESULTADOS

VII-A. Generación del modelo de pérdidas de trayectoria

El modelo de pérdidas de trayectoria se basa en la Ecuación 1, para realizar dicho ajuste se debe calcular las pérdidas de trayectoria en cada punto utilizando la Ecuación 2. Los valores utilizados para el cálculo de las pérdidas de trayectoria se muestran en la Tabla II.

Cuadro II
VALORES UTILIZADOS PARA CALCULAR LAS PÉRDIDAS DE TRAYECTORIA.

Constante	Valor
T_P (Potencia de Transmisión)	18.43 dBm
G_t (Ganancia antena Transmisora)	0.2 dBi
G_r (Ganancia antena Receptora)	0.2 dBi

Con el modelo de pérdidas de trayectoria se puede analizar el comportamiento del RSSI y el alcance máximo para las diferentes potencias del transmisor.

Por su parte, en la Tabla III se presentan los valores de las constantes del modelo de pérdida de trayectoria para cada grupo. En las Figuras 6, 7 y 8 se muestra el ajuste de la curva de pérdidas de trayectoria para cada grupo.

Cuadro III
COEFICIENTES OBTENIDOS PARA LOS MODELOS DE PÉRDIDAS DE TRAYECTORIA.

Coefficiente	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
a	53.2493	31.6563	55.3968
b	5.1473	11.8594	7.3577
x	4.8023	11.3941	8.0628

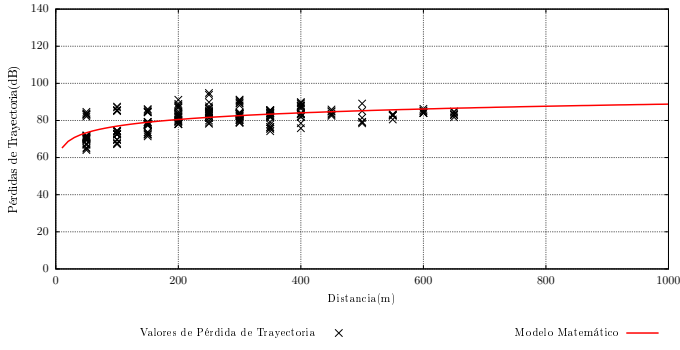


Figura 6. Curva característica para modelo de pérdidas de trayectoria G1

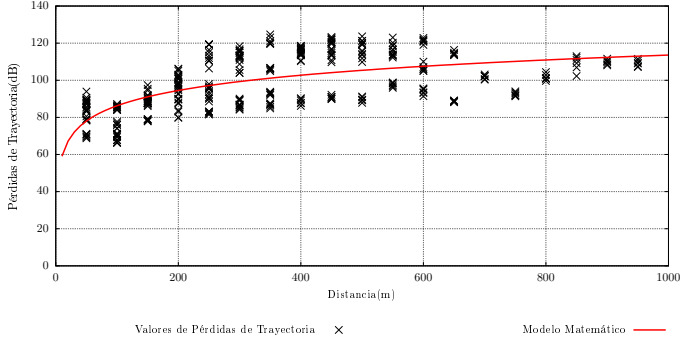


Figura 7. Curva característica para modelo de pérdidas de trayectoria G2

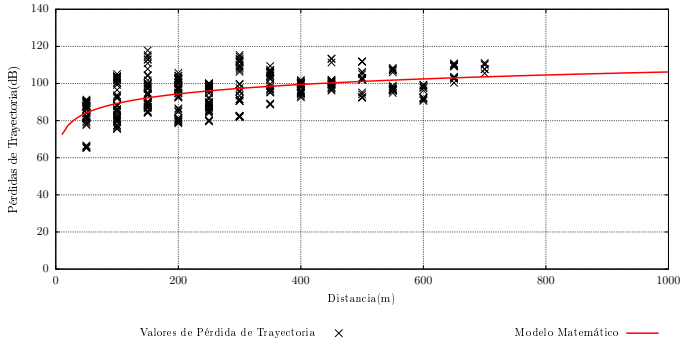


Figura 8. Curva característica para modelo de pérdidas de trayectoria G3

VII-B. Comparación de los modelos de G1 - G2 - G3 - LoRaSim

Los modelos establecidos para cada grupo se pueden comparar mediante los resultados gráficos para que resulte más intuitiva la comparación. Los modelos de pérdidas de trayectoria de los 3 grupos se contrastan en la Figura 9.

En esta gráfica se pueden comparar los 3 grupos. Se observa que unos presentan mayores pérdidas que otros, al saber las características de el ambiente correspondiente a cada grupo, se puede entender estos resultados. El modelo del Grupo 1 es el que presenta menores pérdidas. Esto concuerda ya que la topografía del ambiente d este grupo es plana y se tiene línea

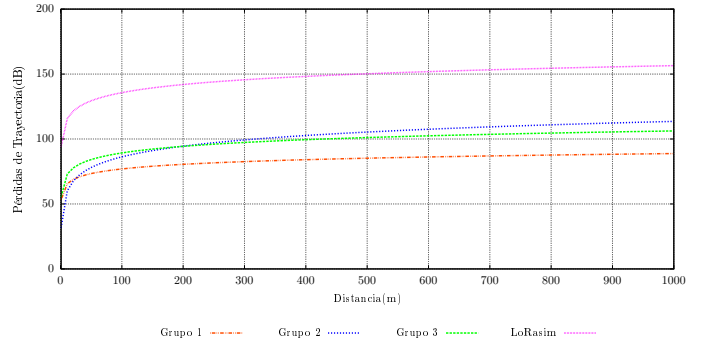


Figura 9. Comparación de modelos de pérdida de trayectoria de los tres grupos y LoRaSim.

de vista lo cual se ve reflejado en un buen rendimiento de la transmisión.

El modelo del Grupo 2 describe que en este ambiente es donde mayores pérdidas se dan. Esto es comprensible ya que en este ambiente se tiene factores como colinas y zonas con vegetación que generan cambios notables en la recepción de la señal. De hecho los radios críticos para este grupo, son R7 y R16, el primero por la vegetación considerable mientras que el segundo se ve afectado por edificaciones que se encuentran en esta trayectoria.

Por su parte el Grupo 3 se encuentra conformado por muestras que se han tomado en lugares donde el terreno es demasiado irregular, haciendo que en ciertos casos no exista una línea de vista directa hacia el receptor; sin embargo las pérdidas hasta los 1000 m oscilan en 100 dB que es menor a las pérdidas del Grupo 2.

El modelo de perdidas de trayectoria utilizado en LoRaSim se basa en la Ecuación 3. Los valor de los parámetros de la ecuación están definidos por defecto por LoraSim y se muestran a continuación.

$$P_L(dB) = P_0 + 10 \times \gamma \times \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) + X \quad (3)$$

Donde:

- P_0 = Potencia recibida en la distancia de referencia en dBm (127.41 dBm).
- d_0 = Distancia de referencia en m (40 m).
- γ = Constante que representa el ambiente (se obtiene de manera empírica) (2.08).

El modelo de LoRaSim se diferencia de los modelos propuestos, presenta valores mayores pérdidas de trayectoria. Lo que indica que si bien puede ser un referente inicial, no es concluyente para un ambiente específico.

VIII. CONCLUSIONES

En esta investigación se ha determinado que una red LoRa-WAN depende de varios parámetros físicos para mantener un correcto funcionamiento. Consideraciones como topografía y

cantidad de vegetación influyen directamente en la recepción de paquetes de datos.

La selección de puntos geográficos, la distancia entre radios y puntos de transmisión se analizaron de tal manera que puedan servir como referencia para experimentos en entornos similares.

Con respecto a las mediciones realizadas en base a la señal RSSI se ha comprobado que la señal decae de forma logarítmica, a medida que separan el dispositivo transmisor del receptor.

Dentro de las configuraciones del equipo sobre características como SF y carga útil, no se encontró una superioridad significativa entre una configuración y otra. La variación de la potencia de transmisión, influye de manera proporcional sobre el comportamiento del RSSI.

Se pudo observar que la altura es un factor importante para la comunicación exitosa, ya que los radios que se encuentran en la parte más baja presentaron mejores índices de RSSI que los que se hallan en la parte más alta de la granja, teniendo en cuenta que la diferencia de alturas entre estas dos partes está entre 12 m y 15 m.

El rango de cobertura no está limitado únicamente por la distancia dentro de la granja, sino más bien por los obstáculos en la línea de vista. Por ejemplo, el Radio 6 que tiene una longitud de 1000 m de distancia presentó un PER por debajo del 10 % en toda su longitud. Este radio tiene la característica de no poseer obstáculos importantes, mientras que en radios como el Radio 8 en donde hay obstáculos relevantes a partir de los 200 m ya se tienen valores de PER por encima del 10 %. En general, con un solo *gateway* se puede cubrir toda la granja, el PER está por debajo del 10 % prácticamente en todos los puntos de la granja.

Si bien es cierto, no se hizo un análisis exhaustivo del consumo energético de los equipos ya que este proyecto no plantea una aplicación final, se pudo verificar que con una batería de 6000 mAh el *gateway* podía estar encendido sin problema por aproximadamente las 8 horas que se trabajó diariamente. Mientras que para el caso del equipo transmisor sí se tenía que reemplazar la batería en una ocasión por jornada, pero hay que tener en cuenta que dicha batería también alimentaba al Raspberry Pi.

REFERENCIAS

- [1] S. T. Somayya Madakam, R. Ramaswamy, "Internet of Things (IoT): A Literature Review," *IEEE Journal of Computer and Communications*, no. 3, pp. 164–173, 2015.
- [2] *Overview of the Internet of things Y-2060*, 1st ed., Sector de normalización de las telecomunicaciones de la ITU, Junio 2012.
- [3] D. C. Alejandro Cama, Emiro de la Oz, "Las redes de sensores inalámbricas y el internet de las cosas," *Revista INGE CUC*, vol. 8, 2012.
- [4] D. B. y. E. P. Magno, D. Boyle, "Ensuring Survivability of Resource-Intensive Sensor Networks Through UltraLow Power Overlays," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 2, pp. 946–956, 2014.
- [5] N. M. D. y. Y. E. J. H. Zainol Abidin, "Multi-objective Optimization (MOO) approach for sensor node placement in WSN," *7th International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS)*, 2014.
- [6] M. Y. Yatish K. Joshi, "Restoring Connectivity in a Resource Constrained WSN," *Journal of Network and Computer Applications*, 2016.
- [7] T. M. W. 1.0, "A technical overview of LoRa and LoRaWAN," LoRa Alliance, Tech. Rep., 2016.
- [8] L. A. TM, "The LoRaWAN™ Specifications," 2019. [Online]. Available: <https://lora-alliance.org/about-lorawan>
- [9] P. E. Avila Campos, "Evaluación del rango de transmisión de LoRa para redes de sensores inalámbricas con LoRaWAN en ambientes forestales," 2017. [Online]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28504>
- [10] J. Petajajarvi, K. Mikhaylov, M. Hamalainen, and J. Iinatti, "Evaluation of LoRa LPWAN technology for remote health and wellbeing monitoring," pp. 1–5, 2016. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7498898/>
- [11] T. Rama Rao, D. Balachander, A. Nanda Kiran, and S. Oscar, "RF propagation measurements in forest & plantation environments for Wireless Sensor Networks," *International Conference on Recent Trends in Information Technology, ICRITIT 2012*, pp. 308–313, 2012.
- [12] C. E. O. O. O. a. I. K. Tajudeen O. Olasupo, "Empirical Path Loss Models for Wireless Sensor Network Deployments in Short and Tall Natural Grass Environments," *IEEE Transactions On Antennas And Propagation*, 2016.
- [13] F. T. Romero, "Información del conocimiento organizacional a través de los informes anuales publicados en las páginas web de las empresas," *Revista Española de Documentación Científica*, 2013.