



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**



## **Estudio Comparativo de dos Plataformas de Radioenlace WLAN**

María Belén Delgado Corozo <sup>(1)</sup> Abraham Jaramillo Garófalo <sup>(2)</sup> Marcos Millán Traverso <sup>(3)</sup>  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Km 30.5 vía Perimetral, Código Postal: 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador  
[marbedel@espol.edu.ec](mailto:marbedel@espol.edu.ec) (1), [jaramill@espol.edu.ec](mailto:jaramill@espol.edu.ec) (2), [mmillan@espol.edu.ec](mailto:mmillan@espol.edu.ec) (3)

### **Resumen**

*El presente documento está enfocado en comparar el rendimiento de dos plataformas de radioenlace WLAN implementadas en entornos reales, utilizando antenas directivas de las marcas Hyperlink y Trendnet que operan en la banda de 2.4GHz y equipos de radio de la marca Tplink, siendo las antenas el elemento no común entre las plataformas. El objetivo de este estudio es que personas con conocimientos previos sobre sistemas telemáticos puedan utilizarlo como una guía para determinar la plataforma más adecuada según sus necesidades en base a los parámetros de calidad de servicio. Para la comparación se consideraron cuatro parámetros de calidad de servicio: latencia, variación de retardo, tasa de transferencia efectiva, pérdida de paquetes y se presentan los resultados obtenidos que permiten conocer el comportamiento de las plataformas a una distancia de 70 metros.*

### **Abstract**

*This paper focuses on comparing the performance of two radio link WLAN platforms implemented in a real environment, using directional antennas of different brands Hyperlink and Trendnet that operate in the 2.4 GHz band and Tplink radio equipment, being the antenna the element not common between the platforms. The objective of this study is that people with previous knowledge in telematics system can use it as a guide to determinate the most appropriate platforms to their needs based on quality of service parameters. Considering four QoS parameters for comparison: latency, delay variation, transfer efficiency, packet loss and the results are shown to know the behavior of the platforms at 70 meters distance.*

## **1. Introducción**

En el proyecto se analiza la eficiencia de dos plataformas de radioenlace WLAN tomando en consideración los parámetros de calidad de servicio, para así tener una visión más general del funcionamiento de un sistema y no simplemente de un elemento del enlace. En el mercado se puede encontrar gran variedad de plataformas de comunicación inalámbrica, lo cual puede influir en el desempeño del

sistema a implementar, por tal motivo realizar una comparación de rendimiento de dichas plataformas se convierte en una herramienta útil para tener un criterio más amplio al momento de seleccionar la tecnología de comunicación adecuada en base a la aplicación que se desea implementar.

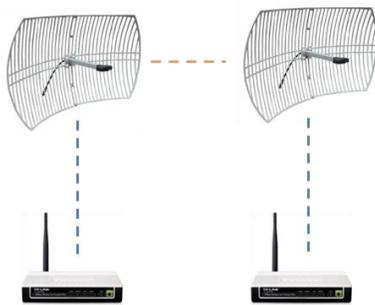
## **2. Metodología**

En la ejecución del proyecto se compararon dos plataformas de radioenlace WLAN haciendo uso de dos antenas directivas, donde se consideró una antena panel para la plataforma 1 (ver Figura 2.1) y una antena rejilla para la plataforma 2 (ver Figura 2.2), lo cual permitió comprobar la estabilidad y funcionalidad de los radioenlaces en base a los parámetros de calidad de servicio: Variación de retardo, tasa de transferencia efectiva, latencia y pérdida de paquetes.

Para el análisis comparativo se plantearon dos escenarios en ambientes abiertos, donde se implementaron dos plataformas de radioenlace, siendo las antenas el elemento no común. El análisis de eficiencia se apoyó en base al promedio de los datos de calidad de servicio obtenidos en la generación de paquetes UDP, TCP e ICMP de longitudes variables menor o igual a 1512 bytes, para poder llevar a cabo una comparativa de la eficiencia de cada uno de los sistemas.



**Figura 2.1** Enlace con antena panel (Plataforma 1)



**Figura 2.2** Enlace con antena rejilla (Plataforma 2)

Para realizar las pruebas se tomó como base los procedimientos que se describen en la RFC 2544 [1], lo cual permitió obtener los datos necesarios para realizar un estudio descriptivo del rendimiento de los escenarios implementados, tomando como base los valores máximos permitidos para los parámetros de calidad de servicio recomendados por la UIT-T G.1010 [2].

Se realizaron pruebas para determinar la capacidad de los enlaces a diferentes distancias con el objetivo de verificar como reduce la tasa de transferencia conforme aumenta la distancia. La prueba se realizó en el sector de la Alborada (ver Tabla I), aumentando la distancia progresivamente en 100 m hasta llegar a 1 km aproximadamente.

Las pruebas para medir latencia, tasa de transferencia efectiva, variación de retardo y paquetes perdidos se realizaron en EDCOM a una distancia de 70 metros. Se tomaron muestras por cada tamaño de trama recomendado por RFC 2544 para un medio Ethernet, siendo estas: 64, 128, 256, 512, 1024, 1280 y 1512 bytes. Para cada tamaño de trama se tomó 8 muestras de 50 datos cada una para formar una muestra compuesta de 400 datos.

**Tabla I** Coordenadas de los radioenlaces

Lugar	Dispositivo	Latitud	Longitud
EDCOM	Transmisor	2° 8' 42.53"S	79° 57' 48.22"O
	Receptor	2° 8' 41.10"S	79° 57' 46.49"O
Alborada	Transmisor	2° 7' 52.93"S	79° 54' 27.88"O
	Receptor	2° 7' 16.13"S	79° 54' 26.27"O

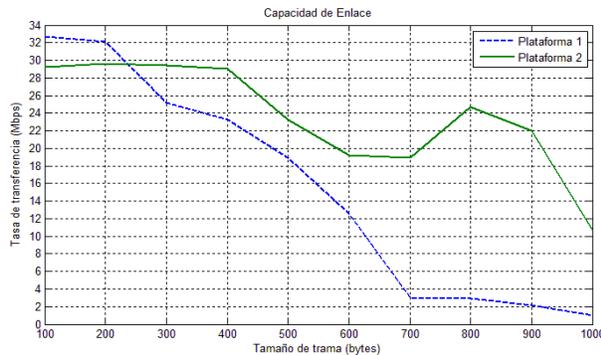
### 3. Comparativa entre las plataformas

A partir de los resultados obtenidos se establecen comparativas de los promedios de las muestras para obtener un esquema representativo que permita medir el desempeño de dos plataformas de radioenlace en relación a los parámetros de la calidad de servicio. Es importante recalcar que no se puede generalizar el

comportamiento de los sistemas debido a la variabilidad del medio donde se realizaron las pruebas, sin embargo los datos si reflejan una idea del rendimiento de las dos plataformas de radioenlace en los escenarios donde fueron implementados.

### 3.1 Evaluación de la capacidad de los enlaces

Antes de realizar las pruebas de los parámetros de calidad de servicio se determinó la capacidad de enlace en cada una de las plataformas implementadas. En la Figura 3.1 se ilustra la comparación de la tasa de transferencia entre las dos plataformas. Los resultados reflejan que a mayores distancias se obtuvieron mejores resultados con la plataforma 2 debido a que la antena era de mayor ganancia pero es importante recalcar que con la plataforma 1 también fue posible el enlace a 1 km a pesar de que las pruebas se realizaron en un medio no controlado.

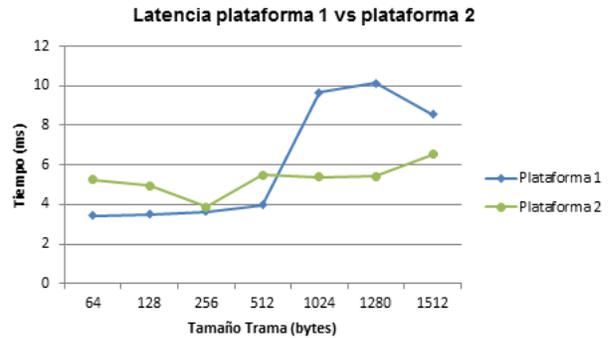


**Figura 3.1** Capacidad de enlace en el sector de la Alborada

### 3.2 Latencia

La Figura 3.2 muestra la latencia promedio para cada una de las tramas donde se puede notar que este valor va en aumento a medida que aumenta el tamaño de la trama y ambas cumplen con los valores aceptables para el buen desempeño dentro de una red WLAN, ya que los valores promedios están muy por debajo de los límites permitidos para las aplicaciones más

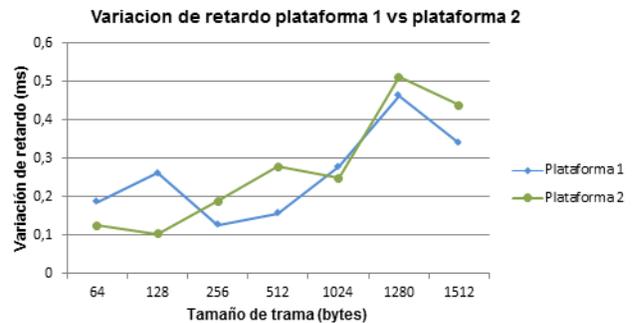
susceptibles a este parámetro el cual la ITU recomienda que sea menor a 300 ms (RTT).



**Figura 3.2** Comparativa de latencias entre plataformas

### 3.3 Variación de retardo

La Figura 3.3 muestra el grafico comparativo de la variación de retardo de las dos plataformas implementadas, donde se puede verificar que el valor promedio máximo que se obtuvo para la plataforma 1 fue de 0,462 ms y para la plataforma 2 de 0,511 ms. Si se compara los valores obtenidos con las variaciones de retardo aceptables para ciertas aplicaciones que recomienda la ITU, podemos decir que los valores son favorables debido a que se encuentran dentro del límite permitido el cual es 1 ms.



**Figura 3.3** Comparativa de variación de retardo entre plataformas

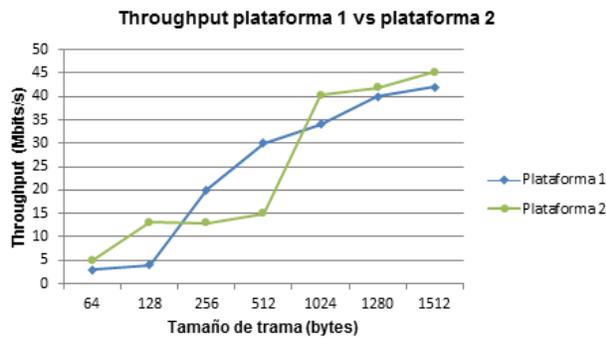


**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**



**3.4 Tasa de transferencia efectiva**

En la Figura 3.4 se puede observar la comparativa entre las dos plataformas, los resultados de este parámetro permiten tener un indicativo de la capacidad de enlace, omitiendo el control de flujo en la transmisión y la retransmisión de paquetes perdidos, sin embargo se logra obtener valores aceptables para diferentes tamaños de trama y con porcentajes pequeños de pérdidas de paquetes, los cuales fueron menores al 1% para ambas plataformas como se puede ver en la Tabla II, si se compara estos valores con el porcentaje recomendado para aplicaciones vulnerables a la pérdida de paquetes como audio y vídeo se puede verificar que se obtuvieron resultados por debajo del límite.



**Figura 3.4** Comparativa de tasa de transferencia efectiva entre plataformas

**Tabla II** Porcentaje paquetes perdidos

Tamaño de Trama (bytes)	Paquetes perdidos plataforma 1 (%)	Paquetes perdidos plataforma 2 (%)
64	0	0,081292
128	0,547461	0,020925
256	0,017773	0,008804
512	0,021286	0,111393
1024	0,02497	0,002448
1280	0,265847	0,000978
1512	0,044945	0,006969

**4. Conclusiones**

En base a la tasa de transferencia, a distancias de 100 m y 200 m la plataforma 1 logró en promedio 12% más de velocidad a 100 m y 8,23% más a 200 m comparado con la plataforma 2, mientras que a mayores distancias la plataforma 2 logró una tasa de transferencia en promedio 5 veces mayor que con la plataforma 1.

En cuanto a la latencia para ambas plataformas se consiguen tiempos menores a 300 ms para cualquier tamaño de trama aunque para la plataforma 1 a partir de la trama de 1024 bytes la latencia aumenta en promedio 6 ms más, comparado con las tramas inferiores.

En relación a la variación de retardo para los tamaños de trama de 256, 512, 1280 y 1512 bytes se obtuvieron valores superiores con la plataforma 2 en un 41% en comparación con la plataforma 1, pero para las tramas de 64, 128 y 1024 bytes con la plataforma 1 se obtuvieron valores superiores en aproximadamente un 72%.

Con respecto a la eficiencia de la tasa de transferencia la plataforma 2 obtuvo un valor promedio aproximadamente 3 veces mayor para la trama de 128 bytes con respecto a la plataforma 1 y para la trama de 512 bytes el valor promedio es 2 veces mayor para la plataforma 1 con respecto a la plataforma 2. Estos resultados para la eficiencia de tasa de transferencia no permiten establecer una comparativa en relación al rendimiento total de los sistemas, sin embargo con ambas plataformas se obtuvieron porcentajes de pérdidas de paquetes por debajo del 1%, valor tolerable para una red inalámbrica según la ITU.

**5. Recomendaciones**

La efectividad de los radioenlaces en la banda de 2.4 GHz depende del nivel de interferencia presente en el medio donde se realiza las implementaciones por ello se recomienda una adecuada planificación del uso de frecuencias para evitar que las interferencias influyan significativamente en los resultados.



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Se recomienda tomar en consideración el presente trabajo para realizar la implementación de radioenlaces punto a punto independientemente de la plataforma utilizada, con el fin de estudiar las alternativas que ofrece el mercado actual.

Se recomienda hacer uso de equipos que operen en la banda de 5 GHz ya que el uso de esta frecuencia no es muy común.

### 6. Referencias

[1] Metodología de análisis para la interconexión de dispositivos de red, Disponible: <https://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt> Fecha de consulta: Septiembre 2013

[2] Valores de los parámetros de calidad de servicio, Recomendación UIT-T G.1010, Fecha de consulta: Septiembre 2013