



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍAS**



**LICENCIATURA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**DESPLIEGUE DE MANETS PARA  
M-LEARNING EN ZONAS DE  
RECURSOS LIMITADOS**

Autores:

**CLAUDIO MATIAS CAMPOS**

**JOSE ADRIAN CORONEL**

Profesor Guía:

**SERGIO ROCABADO MORENO**

**Agosto de 2016**

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN DE LA LICENCIATURA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

**DESPLIEGUE DE MANETS PARA M-LEARNING EN  
ZONAS DE RECURSOS LIMITADOS**

**Autores:**

.....

Claudio Matias Campos

.....

Jose Adrian Coronel

**Profesor Guía:**

.....

Mg. Sergio Rocabado Moreno

**Asesor:**

.....

Ing. Eugenio Ledesma

\* \_\_\_\_\_ \* \_\_\_\_\_ \*

Aprobado el día ..... del mes de..... del año 20.....

por el Tribunal integrado por:

.....

(firma)

.....

(firma)

.....

(firma)

.....

(aclaración)

.....

(aclaración)

.....

(aclaración)

Santiago del Estero - Argentina

## DEDICATORIAS

*A mis padres Luis y Mónica*

*A mi amor Rocío*

*Matias Campos*

*A mi familia*

*A mi compañera de vida*

*A mis amigos de siempre*

*Adrian Coronel*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por haber iluminado mi camino.

A mis padres que me dieron todo para alcanzar este objetivo.

A Rocio Maguna por estar a mi lado y haberme alentado a lograr este objetivo.

A Adrian Coronel por haber sido un gran compañero.

A Sergio Rocabado por su tiempo, sus consejos, y la formación brindada.

A Pablo Najjar por haber alojado nuestra aplicación m-learning.

A la profesora Susana Herrera quien de manera desinteresada nos aportó correcciones, críticas y comentarios para concluir este trabajo.

Matias Campos

Agradezco principalmente a mis padres, por haberme guiado a lo largo de mi carrera como estudiante, tanto en la constancia como en el esmero puesto día a día, por mi formación moral y ética, por la transmisión de enseñanzas y sabiduría en base a sus vivencias, y, sobre todo, por todo el amor brindado en mi vida.

Gracias a mis hermanos, por estar ahí siempre, apoyándome y brindándome su ayuda y compañía desinteresada. Agradezco a Jime por su presencia, por su paciencia y por darme ese empujón final tan necesario. Gracias a mis amigos de siempre por su constante interés y preocupación.

Agradezco a mi director de tesis Sergio Rocabado por los conocimientos brindados y su apoyo constante. También, a mi profesora Susana Herrera por incluirme desde el principio en sus proyectos de investigación y por la pujanza y motivación de siempre.

Agradezco a mi compañero de tesis Matías Campos, por ser un buen compañero en todo el transcurso como estudiantes, y en la constante colaboración en este trabajo final.

Gracias a Dios por mantener en pie a mis abuelas hasta el día de hoy. Con el deseo de que ellas puedan disfrutar de este logro, y que mis abuelos desde el cielo sigan acompañando mi progreso como profesional.

Adrian Coronel

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	vii
CAPÍTULO I: PROBLEMA Y OBJETIVOS. ....	1
I.1. PLANTEO DEL PROBLEMA .....	1
I.2 ANTECEDENTES .....	3
I.3 JUSTIFICACIÓN .....	4
I.4. OBJETIVOS.....	5
I.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	5
I.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	5
I.5 ALCANCE .....	6
I.6 PUBLICACIONES.....	7
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL.....	8
II.1 MARCO TEÓRICO.....	8
II.1.1. MANETS. CONCEPTOS GENERALES.....	8
II.1.2. TECNOLOGÍA BLUETOOTH. ....	23
II.1.3. ACCESO A INTERNET .....	37
II.1.4. M-LEARNING .....	43
II.2. MARCO TECNOLÓGICO .....	48
II.2.1 HERRAMIENTAS DE MODELADO.....	48
II.2.2 APLICACIONES PARA MEDIR EL RENDIMIENTO. ....	52
II.2.3 HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DEL CONTEXTO .....	58
CAPÍTULO III. MODELO MANET-LEARN .....	60
III.1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO. ....	60
III.2. ESTUDIO DE CONTEXTO .....	61
III.2.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	61
III.2.2. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD. ....	93
<b>III.3. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS DE LA RED. ....</b>	<b>108</b>
III.3.1. REQUERIMIENTOS ÓPTIMOS .....	108
III.3.2. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS.....	109
III.4 DISEÑO DEL MODELO MANET-LEARN.....	109
III.4.1. DISEÑO LÓGICO DE LA MANET. ....	110
III.4.2. DISEÑO FÍSICO DE LA MANET .....	133
III.4.3. REPRESENTACIÓN EN UML. ....	139
CAPÍTULO IV. DESPLIEGUE Y TESTEO DE MANET .....	149
IV.1. INTRODUCCIÓN.....	149

IV.2. DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN M-LEARNING .....	149
IV.2.1. INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN “APPRENDIENDO” .....	149
IV.2.2. MODALIDAD DUAL PARA LA APLICACIÓN .....	151
IV.2.3. INTERFACES DE LA APLICACIÓN.....	152
IV.3. DESPLIEGUE DE PILOTO DE RED.....	159
IV.3.1. SÍNTESIS DEL LUGAR DE TRABAJO .....	159
IV.3.2. PRESENTACIÓN DE DISPOSITIVOS. ....	162
IV.2.3. RUTINA DE DESPLIEGUE. ....	163
IV.4. TESTEO DE RED. ....	164
IV.4.1. CONSIDERACIONES PARA MEDIR. ....	165
IV.3.2. EXTRACCIÓN DE RESULTADOS.....	171
IV.5. DESPLIEGUE DEL MODELO PROPUESTO (MANET-LEARN).....	181
IV.5.1. CASO DE ESTUDIO.....	181
IV.5.2 EXPERIENCIA REALIZADA.....	182
IV.5.3 TEST DE USABILIDAD (SUS).....	183
CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	187
V.1. CONCLUSIONES PARA EL ESCENARIO DE PRUEBAS .....	187
V.1.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LATENCIA. ....	187
V.1.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN THROUGHPUT. ....	199
V.1.3. ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA .....	206
V.2. CONTRASTACIÓN DE ESCENARIOS: MANET VS. CLIENTE.....	212
V.2.1. CONTRASTACIÓN DE LATENCIAS .....	212
V.2.2. CONTRASTACIÓN DE THROUGHPUTS.....	216
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN .....	222
REFERENCIAS .....	223
ANEXO 1: ENTREVISTA REALIZADA A DOCENTES ITINERARIOS .....	228
ANEXO 2: ARCHIVO LOG GENERADO POR POWER TUTOR .....	235
ANEXO 3: CÓDIGO FUENTE DE LA APLICACIÓN <i>APPRENDIENDO</i> .....	237

El presente trabajo propone un modelo de implementación de una Red móvil ad hoc en zonas de recursos limitados, con el fin de implementar un sistema m-learning, utilizando para ello la tecnología ya existente en la zona.

El modelo, denominado “MANET-LEARN”, define la tecnología inalámbrica de intercomunicación y de acceso a internet a utilizar para la implementación eficiente de un sistema m-learning sobre una red MANET. El cual permitirá la vinculación de clientes en una zona rural con recursos educativos alojados en un servidor remoto.

Para ello, se estudiaron distintas zonas rurales de nuestra provincia con el objetivo de relevar la tecnología existente, por ejemplo: dispositivos móviles, antenas de red celular y fuentes de energía eléctrica. Además de definir como inciden las mismas en el desempeño de las redes MANETS.

El motivo por el cual se pretende implementar este tipo de redes en zonas rurales está en la motivación de establecer sistemas de información de m-learning, que permitan a los jóvenes estudiantes beneficiarse de nuevas estrategias de aprendizaje y reducir así la brecha digital existente entre los alumnos de centros urbanos y rurales.

Para validar el modelo propuesto se escogió una escuela perteneciente a una zona rural de Santiago del Estero, donde se llevó a cabo el despliegue de la red MANET y la interacción con la aplicación m-learning propuesta.

Para evaluar la aplicación m-learning denominada “Aprendiendo” se diseñó un cuestionario de usabilidad tomando como referencia a cuestionarios de usabilidad estándar y adaptándolo a los jóvenes usuarios. Mientras que para evaluar la red MANET se utilizaron aplicaciones android para el análisis de rendimiento y consumo de energía. Se demuestra que el uso compartido de recursos a través de red es conveniente frente al uso individual de dichos recursos. Ambas evaluaciones dieron por sentado que el uso del modelo propuesto es viable y beneficioso para zonas que presenten características similares a la zona de estudio.

Esta propuesta de investigación se desarrolla dentro del marco del proyecto de investigación “Optimización de la calidad de los Sistemas Móviles mediante la implementación de nuevas arquitecturas, realidad aumentada, técnicas de visualización y redes móviles Ad-Hoc. Aplicaciones en m-learning y en gestión del conocimiento”, Código 23/C099, del Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información de la FCEyT-UNSE.

Una red de computadoras, es un conjunto de dispositivos interconectados por medio de dispositivos físicos que envían y reciben impulsos eléctricos, ondas electromagnéticas o cualquier otro medio para el transporte de datos, con la finalidad de compartir información, recursos y ofrecer servicios [47].

La tecnología inalámbrica o wireless como alternativa para interconexión de dispositivos y acceso a internet es hoy en día la más popular, primero debido a la era de la tecnología móvil en la cual estamos viviendo y segundo, causado por la evolución de los estándares wireless que se acercan más a las redes Ethernet, en cuanto a velocidad de transmisión y seguridad de los datos.

Un tipo particular de red wireless es la red Ad Hoc, cuya traducción al español es “para esto”. Estas son redes conformadas por dispositivos que se interconectan para un uso específico, son descentralizadas, es decir, que no existe un nodo central y cada dispositivo colabora en la transmisión de los paquetes [11].

Una red MANET, de Mobile Ad Hoc Network, es una red ad hoc en donde cada dispositivo posee libertad para desplazarse independientemente en cualquier dirección, y eso permite que cambien dinámicamente las condiciones de enlace entre los dispositivos. Cada uno de ellos está desacoplado del tráfico y por lo tanto realiza misiones de router. Uno de los principales retos a la hora de construir MANETs, es lograr que sea posible equipar cada dispositivo para mantener continuamente la información necesaria para “enrutar”. Este tipo de redes puede operar de forma autónoma o conectada a Internet [26].

Este trabajo propone identificar el impacto que producen las redes de dispositivos móviles Ad Hoc en zonas de recursos limitados y viceversa. El producto del mismo consiste



en la creación un entorno que permita implementar sistemas de m-learning. Esto tiene como fundamento el avance científico de la exploración de redes Ad hoc llevadas al límite de sus posibilidades ante un entorno carente de recursos: energéticos y tecnológicos.

En los siguientes apartados se presenta la propuesta en forma detallada. Se explica el problema a abordar y los antecedentes, se especifican objetivos y se presenta la planificación de actividades. Esta última puede ser sintetizada en: estudiar el escenario propuesto, analizar las características de los dispositivos involucrados y los posibles protocolos de comunicación, comparar y determinar una combinación de tecnologías disponibles que permita satisfacer los servicios y requerimientos necesarios para que los sistemas de m-learning tengan un desempeño óptimo, diseñar el modelo “MANETs-Learn”, cuyo objetivo general será el de ser una guía para la implantación de MANETs en zonas de recursos limitados a fin de posibilitar sistemas de m-learning.

## CAPÍTULO I: PROBLEMA Y OBJETIVOS.

### I.1. PLANTEO DEL PROBLEMA

Actualmente existen diferentes tipos de sistemas de información que apoyan al proceso educativo, atendiendo a las necesidades específicas de contextos diversos. En esta investigación se consideran los sistemas de información basados en dispositivos móviles o sistemas de información de m-learning, debido a las circunstancias que se plantean en el siguiente párrafo.

Las zonas rurales de recursos limitados del país se caracterizan, entre otros aspectos, por su baja densidad demográfica, cobertura de red celular limitada y carencia de servicio de distribución de energía eléctrica. En la provincia de Santiago del Estero se identifican zonas de este tipo. Científicos de la UNSE han realizado un estudio en el ámbito del Proyecto “Determinantes del Desarrollo en Áreas Rurales.”. Este estudio pone de manifiesto que existen cinco departamentos que reúnen tanto una masa de población rural importante, como una situación delicada de privación de servicios básicos: Pellegrini, Jiménez, Moreno, Copo y JF Ibarra. En estas zonas, los pobladores son personas de bajos recursos económicos y tienen pocas posibilidades de educación en su entorno; se garantiza la educación primaria, pero son escasas las escuelas de nivel educativo medio. En este contexto, el aprendizaje mediado por tecnologías es prácticamente nulo debido, entre otras razones, al elevado consumo de energía que requieren los equipos computacionales.

Los dispositivos móviles representan una alternativa excelente para ser usada como recurso de aprendizaje en estas zonas, por su bajo consumo energético. A través de ellos se puede acceder a objetos de aprendizaje usando la red de telefonía móvil, lo cual permite una conexión a Internet mediante redes de bajo consumo (MANETs), evitando las intranets tradicionales que demandan un consumo energético mayor. Sin embargo, implementar una red MANET no es tarea fácil en este contexto. Una red MANET cuenta con el beneficio de poder ser configurada y desplegada en cualquier lugar. Esto es debido a que la misma no cuenta con algún tipo de infraestructura, es decir, los dispositivos que conforman esta red se comunican de forma auto-organizada y directa. Sin embargo, la ausencia de una infraestructura bien definida y el hecho de trabajar con dispositivos móviles, implica un conjunto de limitaciones que se dan en los siguientes aspectos [40]:

- *Energía limitada:* la energía es uno de los recursos que se busca optimizar para prolongar el tiempo de vida de un dispositivo móvil que no tiene posibilidades de recarga.
- *Ausencia de infraestructura:* debido a que no se dispone de un servidor de monitoreo centralizado, resulta complicado supervisar el tráfico en una MANET, puesto que los nodos que la componen tienen la propiedad de topología dinámica.
- *Dispositivos vulnerables:* los nodos de una MANET pueden ser fácilmente perdidos, robados o dañados.
- *Topología dinámica:* genera principalmente problemas de identificación y control de acceso. Esto sucede porque los dispositivos constantemente abandonan y se unen a la red.
- *Ancho de banda limitado:* la conexión inalámbrica en las MANETs es de capacidad reducida y susceptible a ruidos, interferencia y atenuación de señal.

Un hipotético despliegue de una red MANET en alguna zona rural, implicaría asumir que las limitaciones anteriormente mencionadas se potenciarían, ya que en estas localidades la distribución de energía eléctrica es escasa (no se brinda el servicio a la totalidad de la población) y algunas veces inexistente, no se posee una buena cobertura de señal de red celular y es poco frecuente la existencia de alguna antena 3G, los dispositivos móviles no poseen wifi o 3G, entre otras limitaciones.

Si se estudia un escenario en el cual el despliegue de una red MANET es una tarea difícil, debido a las condiciones del lugar en lo que respecta: al abastecimiento de energía y tecnología necesaria para tal propósito, estaríamos ante un escenario carente de posibilidades ideales para el despliegue de este tipo de redes. Al no contar con tecnología adecuada en el lugar es necesario determinar cuál es el tipo de configuración que debería tener la red para asegurar un nivel de eficiencia aceptable. Se requiere analizar y comparar tipos de protocolo de interconexión a nivel capa de enlace existente en todos los dispositivos (ya sea bluetooth o wifi) para definir cuál implementar; el mismo análisis debería desarrollarse para determinar la tecnología de red celular.

En definitiva, optimizar una MANET significa escoger la tecnología apropiada para la comunicación entre los dispositivos y el acceso a internet, de tal forma de lograr un rendimiento óptimo. Dicho rendimiento se ve afectado por el consumo de energía y ancho de banda (latencia y throughput) al efectuar operaciones dentro de una red (por ejemplo, en el intercambio de archivos a través de bluetooth). Considerando las limitaciones identificadas anteriormente, es necesario explotar los recursos disponibles como: disponibilidad de memoria, potencia de CPU o capacidad de procesamiento y tecnologías de transmisión existentes en dispositivos.

El problema entonces se puede resumir en la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo debería configurarse una red MANET para que trabaje de forma óptima en zonas de recursos limitados?

Se debe tener en cuenta que, para configurar una red, es necesario seguir un modelo de configuración, el cual indique el funcionamiento y disposición en la red de los dispositivos que la compongan.

## 1.2 ANTECEDENTES

En la revisión bibliográfica realizada se encontraron antecedentes referidos a redes Ad-Hoc aplicadas en áreas concretas:

- **Integración Segura de MANETs con Limitaciones de Energía a Redes de Infraestructura**, del Lic. Sergio Rocabado, trabajo que explica cómo integrar una red MANET a una de infraestructura, manteniendo un equilibrio entre seguridad y consumo de energía, dos factores que son importantes a la hora de implementarlas, debido a que se utiliza un medio compartido (aire) y por otro lado los dispositivos móviles de la MANET son alimentados por baterías con energía limitada y por ello se hace necesario optimizar la conservación de la misma [38].
- **Integración Segura de MANETs, desplegadas en zonas de recursos limitados, a Redes de Infraestructura**, trabajo que recopila información sobre la integración de una MANET, desplegada en una zona remota y de recursos limitados, a una red de infraestructura: mediciones, protocolos utilizados y tablas de comparaciones [39].

- **Redes Ad hoc entre Vehículos**, trabajo que demuestra las posibilidades de aplicaciones de una red Ad hoc para resolver demandas concretas. Se propone una red Ad Hoc entre vehículos, justificada por el aumento en el parque automotor y las comunicaciones telemáticas, se ofrece una propuesta que permitirá acceso a múltiples servicios y mejora de seguridad global en la conducción [33].
- **Situación Actual del m-learning**, informe que presenta el estado del arte de las comunicaciones móviles y la necesidad de trabajar en aplicaciones m-learning que parece ser el nuevo modelo de educación para jóvenes nativos de la tecnología. Evidencia como las aplicaciones m-learning son capaces de mejorar la enseñanza en las escuelas, se analizan tecnologías disponibles en cuanto a interconexión de dispositivos, protocolos de seguridad, protocolos de enrutamiento, etc. [42].
- **M-Learning En Zonas De Recursos Limitados**, se presentan los resultados (tecnológicos y educativos) de la aplicación de estrategias de m-learning en una escuela del Dpto. Pellegrini de la provincia de Santiago del Estero [41].

### I.3 JUSTIFICACIÓN

Una de las características que poseen los teléfonos celulares, smartphones<sup>1</sup>, notebooks y demás dispositivos móviles es la corta duración de las baterías, la cual oscila entre 6 a 8hs. en promedio de acuerdo al uso que se le dé al dispositivo. Es por esto que a la hora de implementar un sistema m-learning, la batería es uno de los aspectos principales a abordar. Este aspecto cobra una excesiva importancia en zonas de recursos limitados, puesto que disminuyen las posibilidades de conseguir fuentes de recarga.

Es relevante estudiar y definir los impactos que producen los distintos servicios en el consumo de la batería y las recomendaciones para poder implementar de manera adecuada un sistema m-learning, donde no sólo los teléfonos ofrecen limitaciones, sino también el lugar de despliegue de la red MANET, la cual accederá a archivos remotos contenidos en dicho sistema.

El verdadero aporte de este trabajo se encuentra en el escenario donde se montará la red MANET para acceder al sistema m-learning, pues se trata de zonas desfavorables desde

---

<sup>1</sup> Smartphone; es un término comercial para denominar a un teléfono móvil que ofrece más funciones que un [teléfono móvil](#) común, como por ejemplo: GPS, sensores, pantalla táctil, posibilidad de instalar programas propietarios y de terceros, etc. [3]

el punto de vista del armado de una red de esas características. Los resultados de este trabajo servirán de referencia para aplicaciones similares en cualquier punto.

El trabajo también se justifica, debido a la presencia de la tecnología móvil en zonas rurales, donde los jóvenes conviven con la tecnología, y esto se hace evidente hasta en las escuelas. Esto sumado a las nuevas formas que atraviesa la enseñanza, contribuyen al diseño de nuevas implementaciones de las redes MANETS.

## I.4. OBJETIVOS

---

### I.4.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la implementación de sistemas m-learning en comunidades educativas de zonas rurales de recursos limitados, haciendo uso de tecnología MANET.

### I.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las problemáticas que poseen las zonas de recursos limitados, en el interior de la provincia de Santiago del Estero, para ofrecer un marco de referencia a profesionales IT<sup>2</sup> que deseen proponer soluciones en dichas zonas.
- Determinar las restricciones del acceso a internet en zonas no urbanas, para dar lugar a la discusión sobre posibles soluciones alternativas.
- Diseñar un modelo (basado en UML) que permita optimizar el consumo de energía, la latencia y el throughput en una MANET desplegada en zonas de recursos limitados.
- Determinar las características apropiadas de los dispositivos a considerar como parte del modelo propuesto.
- Elaborar una guía que permita configurar de forma eficiente una red MANET en zona de recursos limitados.

---

<sup>2</sup> Profesionales IT: término que se emplea para englobar a todos aquellos expertos relacionados con las tecnologías de la información. Estos realizan tareas como instalar aplicaciones, desarrollar software, administrar redes, etc. [2]

- Determinar si el modelo propuesto permite optimizar los recursos disponibles en la zona de despliegue.

## I.5 ALCANCE

El escenario donde se desarrollará el armado de la red Ad Hoc será en una zona de educación rural de itinerancia de la provincia de Santiago del Estero, donde los profesores asisten para dar clases en diversas escuelas que se encuentran en un radio de aproximadamente 30 km. Esta zona presenta restricciones de carácter energético y de acceso a internet. Además, en dicho lugar, los dispositivos móviles existentes no cuentan con todas las funcionalidades necesarias para el óptimo desempeño de un modelo de configuración de red, son equipos de gama baja.

En cuanto al modelo de red MANET a diseñar contemplará: tipo de teléfonos móviles a usar, tipo de tecnologías de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil, tipos de protocolos de capa de enlace para interconexión inalámbrica, entre otros aspectos. El modelo, de carácter estructural, será elaborado utilizando notación UML (Unified Modeling Language). Permitirá ver la interacción entre las distintas entidades que componen la red (usuarios, dispositivos, tecnología de red celular, etc.).

Además, se elaborará una guía que permita realizar el despliegue de la red MANET propuesta en el modelo. La misma consistirá en una serie de pasos técnicos que darán por resultado el funcionamiento de la red MANET.

En cuanto a la red en sí misma, el protocolo a nivel de capa de enlace que se establecerá será Bluetooth, mientras que la conexión con el servidor m-learning se la realizará vía 2G (GPRS o 2.5G /EDGE o 2.75G). Por lo tanto, los nodos inalámbricos (dispositivos móviles) serán equipos que posean como mínimo dichas características.

## I.6 PUBLICACIONES

Los resultados parciales que se fueron obteniendo durante el desarrollo de esta propuesta fueron publicados en diferentes congresos de Tecnología y Computación. Los artículos son:

- *MANETs-Learn: modelo de MANETs para m-learning rural*. Sergio M. Rocabado, Susana I. Herrera, José A. Coronel, Matías C. Campos , Eugenio Ledesma. WICC 2014 XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Mayo 2014.
- *M-learning en escuelas rurales aisladas*. Sergio Rocabado, Adrian Coronel, Matias Campos, Carlos Cadena. TE&ET 2016. XI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Buenos Aires. Junio 2016.



## CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

### II.1 MARCO TEÓRICO.

#### II.1.1. MANETS. CONCEPTOS GENERALES.

En este apartado se abordará las redes MANETS, tema eje en el desarrollo de esta tesis.

##### II.1.1.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS.

Una red móvil ad hoc o MANET (del inglés Mobile Ad-hoc Networks) es un conjunto de dispositivos inalámbricos móviles, los cuales se comunican de forma auto-organizada y espontánea componiendo una red temporal sin la ayuda de ninguna infraestructura preestablecida (como puntos de acceso WiFi o torres de estaciones base celulares con antenas 2G, 3G o 4G) ni administración centralizada [40].

Se puede configurar y desplegar rápidamente en cualquier lugar (interior o exterior) cuando sea necesario, pero se dificulta fijar los límites de la red.

Los nodos (Smartphones, Tablets, PDAs, etc.) que conforman la MANET se auto-organizan para ayudarse los unos a los otros en el transporte de paquetes de datos entre un nodo origen y un nodo destino.

Cada nodo de la red móvil ad hoc puede trabajar como emisor, receptor o como un router (reenviando paquetes). La comunicación en la red depende del rango de transmisión del dispositivo y de la confianza entre los nodos involucrados, como también la cooperación de cada dispositivo en el proceso de transmisión de los datos.

El siguiente algoritmo describe la comunicación en una MANET:

1. El nodo origen envía la señal a los nodos vecinos dentro de la zona de cobertura.
2. Los nodos vecinos se comunican con el nodo emisor.
3. Si el nodo destino es vecino del emisor entonces recibe el mensaje. Si no un nodo intermedio recibe el mensaje y reinicia el proceso a partir del paso número 1, reenviando el mensaje hasta alcanzar el nodo destino.

En la Figura 2-1, el dispositivo B hace las veces de Router en caso de que el nodo A quiera enviar un mensaje a C. Como se muestra en la figura, el nodo C está fuera del alcance del nodo A.

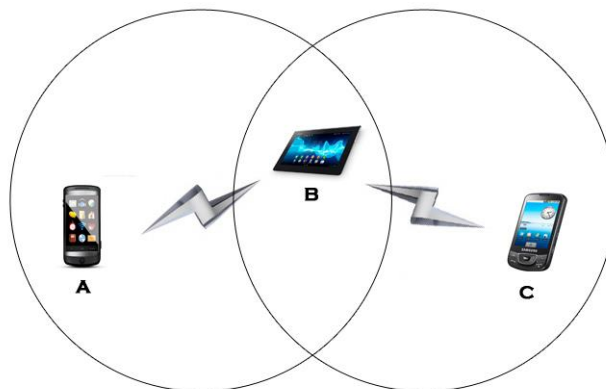


Figura 2- 1. Comunicación en una MANET

Si dos nodos de la MANET no vecinos requieren comunicarse, lo hacen a través del multi-salto (*multi-hop*), es decir, se reenvía el mensaje en cada dispositivo intermedio entre estos no vecinos. En la Figura 2-2 se observa una MANET formada por 5 nodos, la comunicación entre el nodo A y el nodo E se realiza a través de los nodos B, C y D que actúan como routers.

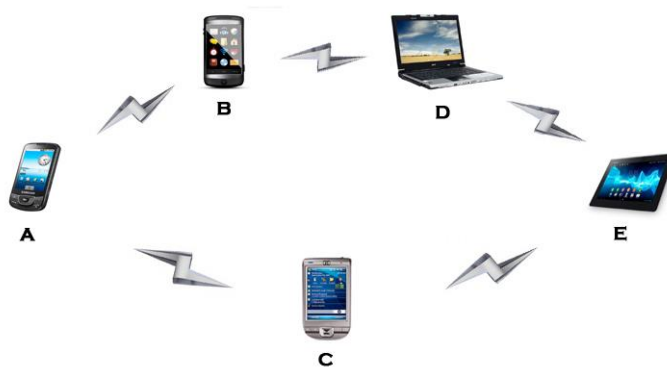


Figura 2- 2. Comunicación Multi-salto en una MANET formada por 5 nodos

- **Características**

Las características de las redes móviles ad hoc son:

- **Topología dinámica:** La forma en que está diseñada la red, puede cambiar de forma rápida y aleatoria en tiempos variables por lo siguiente:
  - Los nodos de una red móvil Ad-Hoc pueden moverse de manera independiente en diferentes direcciones y a diferentes velocidades causando que un nodo quede fuera del alcance de los demás, creando particiones de la red o aislándose.
  - Uno o más nodos pueden irse de la red.
  - Uno o más nodos pueden agregarse a la red.
  - El comportamiento dinámico dificulta el establecimiento de la conectividad en la red, la que permite que los servicios de comunicación operen sin interrupciones.
- **Ancho de banda limitado:** Los enlaces inalámbricos entre los nodos de una red móvil ad-hoc tienen un ancho de banda limitado y suelen ser muy inestables y propensos a errores de transmisión.

- **Operación con energía limitada:** La energía limitada de los dispositivos es uno de los recursos que se busca optimizar para prolongar el tiempo de vida de un nodo que no tenga posibilidades de recarga.
- **Seguridad física limitada:** El hecho de que las MANET se despliegue en un medio compartido (aire) hace que sean vulnerables a determinadas amenazas a la seguridad.
- **Auto-organización:** La auto-organización engloba tres características:
  - **Auto-formación:** si no hay necesidad de intervención humana, los nodos dentro del rango se vinculan entre sí para el despliegue.
  - **Auto-reparación:** No hay impacto en el funcionamiento cuando a la red se unen o abandonan dispositivos.
  - **Auto-protección:** Los nodos resguardan la información que fluye a través de la red, defendiéndose contra amenazas que comprometan la seguridad de la red.
- **Existencia temporal:** Esto significa que la red existe sólo por un tiempo limitado.
- **Operación distribuida:** Cada nodo sólo conoce la información sobre los nodos vecinos que se encuentran dentro de su rango de transmisión y no tiene un conocimiento global de la red.
- **Rango de conectividad limitado:** El rango de transmisión es reducido, pero puede ser incrementado si se utiliza la propiedad del multi-salto.
- **Recursos limitados:** Las PDAs, Tablets, Smartphones, etc. presentan limitaciones tales como rango de transmisión, duración y potencia de la batería, disponibilidad de memoria y potencia de CPU o capacidad de procesamiento.

### II.1.1.2. TIPOS DE MANETS.

En esta sección se destacará a las subclases de MANETS como así también casos especiales como las redes híbridas, es decir redes de infraestructura compuestas con subredes de infraestructura o móviles. De esta forma, a través del estudio y comparación entre estas redes, se determinará porque las redes MANETS son indispensables para el tipo de contexto del problema.

#### II.1.1.2.1. VANETS. (VEHICULAR AD HOC NETWORKS).

Son redes usadas para la comunicación entre vehículos (figura 2-3) y para comunicar vehículos y equipamiento de bordes de carretera (figura 2-4), o la combinación de ambos casos (figura 2-5).

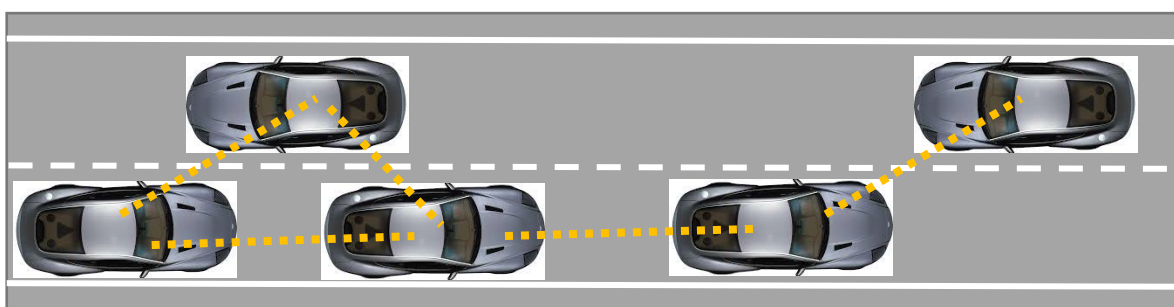


Figura 2- 3. Comunicación solamente entre vehículos

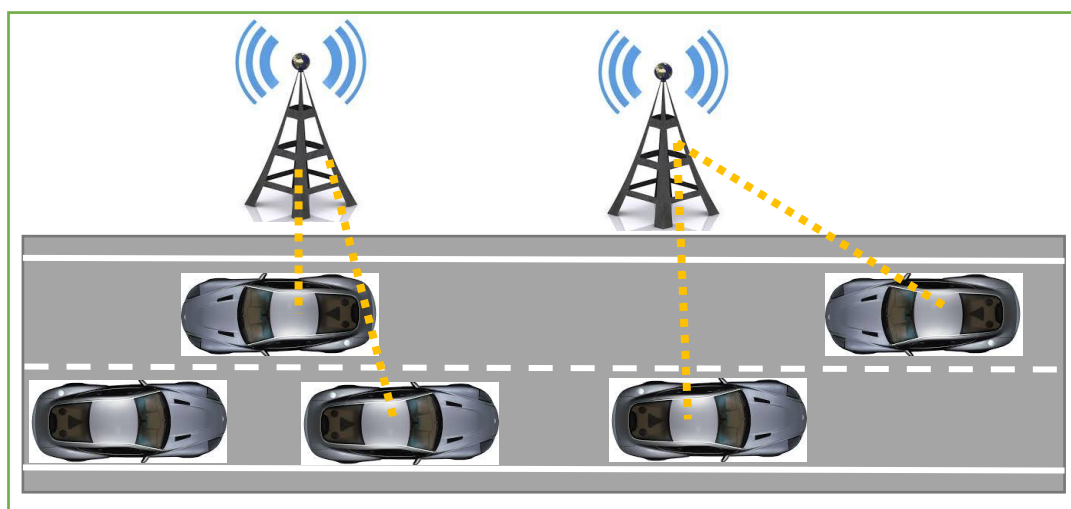


Figura 2- 4. Comunicación entre vehículos y equipamiento de borde de carretera.

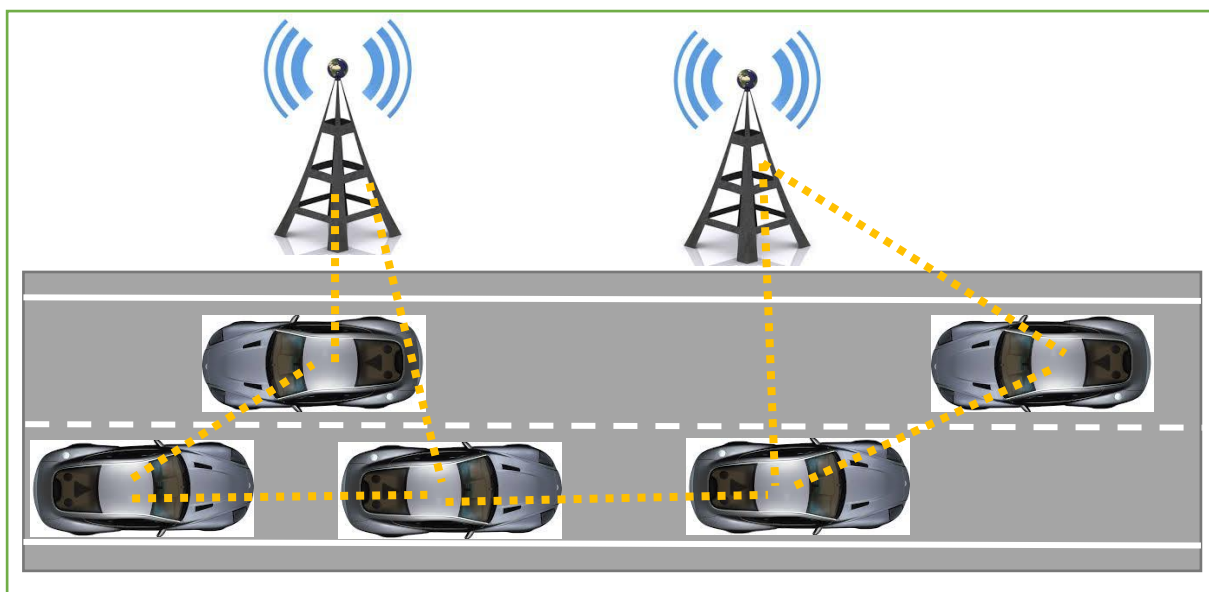


Figura 2- 5. Combinación de Figuras 2-3 y 2-4

En un futuro no muy lejano, se espera que mejore la seguridad, la selección de ruta y las notificaciones geográficas. Inclusive, que se implemente internet en los vehículos, notificaciones de tráfico en tiempo real, entretenimiento, etc.

Las características deseables en los nodos de una red VANET cubren cuestiones tales como: menos restricciones energéticas y una mayor cobertura. En la movilidad, los vehículos se deberían mover de una forma organizada y a mayor velocidad.

#### II.1.1.2.2. WSN. (WIRELESS SENSOR NETWORKS) REDES INALÁMBRICAS DE SENSORES

Las redes WSN son una colección de un gran número de nodos equipados con sensores desplegados en una región. Es una forma de red inalámbrica Ad Hoc donde dichos nodos supervisan de forma cooperativa las condiciones físicas o ambientales.

Los nodos son pequeños dispositivos que poseen las siguientes características

- Poder de cómputo limitado
- Bajo costo y poder
- Toman información de su entorno.

- Procesan y comunican los datos a otras partículas
- Preocupación por la alta energía que se consume.

Hay una gran variedad de sensores, incluyendo de tipo acústico, sísmico, de imágenes, de calor, de dirección, de humo y de temperatura

Los nodos están hechos de 4 básicos componentes:

- Unidad de sensor
- Unidad de procesamiento
- Unidad Transceptora
- Unidad de poder

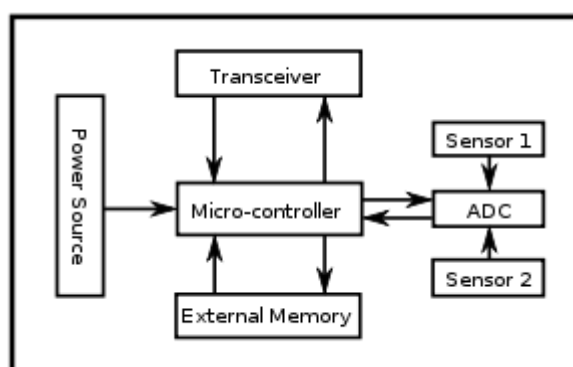


Figura 2-6. Componentes de un nodo WSN

También depende de componentes de aplicaciones adicionales como:

- Sistema de búsqueda de lugares
- Generador de poder
- Movilizador

Estos nodos se encuentran dispersos, coleccionan datos: como por ejemplo la ruta para volver al origen. El nodo de origen colecciona información de los sensores para realizar algunas estadísticas/cómputos en los datos recolectados. Además, provee información para permitir la toma de decisiones críticas. Se comunica con el nodo administrador de tareas (usuario) vía internet o satélite.

### II.1.1.2.3. REDES HÍBRIDAS.

---

En este tipo de redes, algunos equipos están conectados a la red troncal mientras que otros no. Son redes que se obtienen de unir dos o más redes con misma o diferente topología.

Explotan la heterogeneidad al escoger como puntos de acceso:

- Nodos con mayor capacidad de procesamiento.
- Nodos con mejores capacidades de comunicación
- Nodos con mayor energía
- Nodos más confiables. [37]

#### **Beneficios sobre una red pura Ad Hoc**

- La infraestructura provee un marco de referencia
- La infraestructura puede reducir el diámetro de la red
- La infraestructura puede ayudar a resolver la partición de la red y otros problemas
- La infraestructura ayuda en la asignación de recursos.

---

### II.1.1.3. COMUNICACIÓN EN UNA MANET.

Para lograr hacer un amplio uso de la red, que en este caso es una MANET, es necesario disponer de un mecanismo de comunicación que permita a los dispositivos enviar y recibir paquetes.

El propósito de este trabajo es desplegar una red móvil que facilite el acceso a recursos de un servidor por parte de los dispositivos que componen este tipo de red. Esto implica entender de qué manera se establece el recorrido de los paquetes que conforman una solicitud de un determinado recurso.



### II.1.1.3.1. PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO.

---

El enrutamiento es la actividad donde el paquete que se envía de un dispositivo a otro se encamina a través de los diferentes nodos intermedios (que funcionan análogamente como router) hasta llegar a destino.

Un protocolo de enrutamiento, por lo tanto, se encarga de gestionar la trayectoria que va a seguir el paquete hasta llegar al nodo destino. Los mecanismos o protocolos que se desarrollarán aquí serán aquellos que pertenecen al contexto de una red MANET, puesto que los que se manejan en redes de infraestructura no son eficientes debido a la movilidad de los nodos móviles.

Los protocolos pueden clasificarse en reactivos o proactivos.

Los protocolos reactivos se denominan bajo demanda puesto que **solo se realiza el descubrimiento de rutas cuando se requiere establecer una conexión**. Los mismos poseen tiempos de descubrimiento de ruta bastante escasos, de esta manera consiguen que el tiempo de entrega de paquetes sea menor. Utilizan mecanismos de descubrimiento y mantenimiento de ruta. [40]

En los protocolos proactivos, cada dispositivo móvil mantiene una tabla con información de las rutas, **periódicamente los nodos intercambian mensajes a fin de mantener actualizadas sus tablas**. Utilizando la tabla de enrutamiento un nodo puede elegir la mejor ruta en cada instante y ofrecer una rápida respuesta ante solicitudes de ruta.

#### II.1.1.3.1.1. AODV. (AD HOC ON DEMAND DISTANCE VECTOR)

---

Se distingue por ser un protocolo bajo demanda que “enruta” salto a salto, es decir, actúa solamente cuando se necesita y la información es contenida en los routers. Ningún nodo tiene el grafo completo de la red, solo conoce el primer salto por donde debe encaminarse y la distancia a la que se encuentra.

#### II.1.1.3.1.2. DSR – DYNAMIC SOURCE ROUTING FOR PROTOCOL MOBILE AD HOC NETWORKS

---

Es un protocolo reactivo que busca una ruta sólo cuando se necesita y la información de ruteo se almacena en el paquete. Los paquetes tienen una cabecera con información sobre los nodos que componen la trayectoria. [40]

Posee dos funciones principales: Descubrimiento de Ruta y Mantenimiento de Ruta que permiten a los nodos descubrir y mantener rutas del origen a destinos arbitrarios.

---

#### II.1.1.4. RENDIMIENTO Y CONSUMO DE ENERGÍA.

Dado que se trata de desplegar una red MANET en una zona de recursos limitados, es necesario tener en cuenta conceptos como rendimiento y consumo de energía en dispositivos móviles para lograr de esa forma verificar la fiabilidad de dicho despliegue.

##### II.1.1.4.1. MÉTRICAS DE RENDIMIENTO

---

Éstas pueden ser activas o pasivas. Las mediciones activas introducen tráfico a través de la red para determinar el efecto del mismo, y las pasivas observan el tráfico de red existente. [40]

En la Tabla 2-1 se muestran las métricas utilizadas para evaluar el rendimiento de una MANET. Todas ellas son empleadas para la realización de mediciones activas. Además, se incluye una columna con las herramientas (aplicaciones Android) utilizadas para efectuar la medición.

Tabla 2-1. Métricas de Rendimiento

Métrica	Descripción	Herramientas
Latencia	El tiempo que tarda (retardo) en llegar un paquete enviado desde un emisor a un receptor. Puede ser de ida y vuelta (RTT) o solo ida (One way).	- Ping, Thrulay (RTT) - OWAMP (One Way)
<i>Jitter</i>	Es la fluctuación del retardo, se utiliza para detectar congestión en una red.	- Thrulay
<i>Path</i>	Trayectoria o ruta que sigue un paquete desde un emisor hasta llegar al receptor (Numero de saltos, retardo entre salto, etc.).	- Traceroute. - MTR. Herramienta hibrida que busca la trayectoria y calcula el retardo en cada salto
<i>Bandwidth</i> <i>/ Throughput</i>	Bandwidth. Cantidad máxima de datos que un dispositivo puede enviar a través de un canal de comunicación en un periodo de tiempo.  Throughput. Cantidad de datos que un dispositivo está realmente enviando a través de un canal de comunicación	- Iperf (Throughput TCP) - Wget (Throughput HTTP)
Paquetes perdidos ( <i>Loss</i> )	Porcentaje de paquetes enviados que no llegan a destino.	- Ping - Traceroute.

#### II.1.1.4.1.1. THROUGHPUT.

El Throughput es una cantidad de datos expresada en bits por segundo (bps), los cuales son transferidos en su totalidad de un extremo a otro a través de un canal en un período de tiempo dado.

Los conceptos de Throughput y Ancho de banda (Bandwidth) no son similares. En la siguiente tabla se señalan algunas diferencias.

Tabla 2-2. Diferencias entre ancho de banda y throughput

BANDWIDTH	THROUGHPUT
Capacidad teórica del canal.	Utilización que se puede lograr del canal (Ancho de banda alcanzable).
Cantidad máxima de datos que un dispositivo puede enviar a través de un canal de comunicación.	Cantidad de datos que un dispositivo está en realidad enviando a través de un canal de comunicación.
Bandwidth es mayor o igual a Throughput	Throughput es menor o igual a Bandwidth
También conocido como “Throughput Máximo”	También conocido como “Ancho de banda consumido”

#### II.1.1.4.1.2. LATENCIA.

Es la sumatoria de los retardos temporales que pueden producirse en una red. Los factores que influyen en la latencia de una red son:

El retardo de propagación, es el tiempo que demora un bit que se envía desde el emisor hasta llegar al receptor. El retardo de transmisión, es tiempo que toma inyectar una cantidad determinada de bits (trama). Los retardos introducidos por los dispositivos intermedios (repetidores, amplificadores, *switchs*, routers, *gateways*, etc.). El tamaño de los paquetes transmitidos. El tamaño de los *buffers* en los equipos de conectividad intermedios. Si un paquete transmitido queda encolado, se introduce un retardo adicional.

La latencia se calcula utilizando algo que se conoce como **Round-Trip Delay Time** RTT, que es el tiempo que tarda un paquete enviado desde un emisor en volver a este mismo habiendo pasado por el receptor de destino. Otra forma de determinar la latencia es mediante **One Way**, que es la cantidad de tiempo que tiene de trayecto un paquete que va de emisor a receptor. **One Way** no necesariamente es **RTT/2**.

#### II.1.1.4.2. MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA.

---

Para el Sistema Internacional de Magnitudes (ISO/IEC 80000):

- La energía se mide en "Joules" (J)
- La potencia se mide en "Watt" (W).
- El tiempo se mide en "segundos" (s).
- La carga eléctrica de una batería se mide en culombios (C) o amperios hora (Ah), donde  $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$ .

El Joule es watt por unidad de tiempo. NO es lo mismo decir Joule que Watt, SI es lo mismo Joule que "Watt por segundo". Algunos ejemplos de esta relación:

- $1 \text{ joule [J]} = 1 \text{ Watt por segundo [Ws]}$
- $1 \text{ milijoule [mJ]} = 1 \times 10^{-3} \text{ [J]} = 1 \times 10^{-3} \text{ Watt por segundo [Ws]} = 1 \text{ miliwatt por segundo (mWs)}$
- $1 \text{ microjoule } [\mu\text{J}] = 1 \times 10^{-6} \text{ [J]} = 1 \times 10^{-6} \text{ Watt por segundo [Ws]} = 1 \text{ microwatt por segundo } (\mu\text{Ws})$

El amperio-hora representa la cantidad de electricidad que, en una hora, atraviesa un conductor por el que circula una corriente continua de 1 A ( $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ Culombios}$ ). Se emplea para evaluar la capacidad de una batería, es decir la cantidad de electricidad que puede almacenar durante la carga y devolver durante la descarga. Si una batería tiene, por ejemplo, una capacidad de 100 Ah, significa que puede dar una corriente de 10 A durante 10 h, o de 1 A durante 100 h, etc.

#### II.1.1.4.2.1. POTENCIA VS. ENERGÍA.

---

La potencia y la energía se definen en función del trabajo que el dispositivo móvil realiza:

- Potencia = Carga de trabajo/Tiempo (Watts)
- Energía = Potencia \* Tiempo (Joules) => Potencia= Energía/Tiempo (Joules/seg)
- La potencia (P) utilizada por un dispositivo móvil es la energía (E) consumida por unidad de tiempo (t).  $P = E/t$ , en unidades Watt (W)=Joule (J)/s o J=Ws.

Mientras que la energía es la integral de la potencia en función del tiempo.

$$Energia = \int Potencia dt$$

Por ende, la energía es  $E=P.t$  en unidades  $J=W.s$ , por esta razón muchas veces el consumo de energía se mide en kWh (kilo Watt hora) o mWs (mili Watt segundo).

En algunos casos minimizar la potencia también minimiza la energía. Sin embargo, esto no siempre es así, algunas tareas requieren menos energía para completarse cuando se ejecutan a alta velocidad y elevada potencia, debido a que finalizan su ejecución en un periodo de tiempo corto. Si se ejecutan estas tareas a baja velocidad y utilizando menor potencia, finalizarán en un período de tiempo más largo, lo que implica un mayor consumo de energía.

Por lo tanto, cuando se habla de la conservación de la energía, es necesario distinguir entre la reducción de potencia y la reducción de la energía. El hecho de reducir la potencia no significa que la energía se reduzca:

“Reducción de la potencia”  $\neq$  “Reducción de la Energía”

#### II.1.1.4.2.2. TIEMPO DE DESCARGA.

---

El tiempo de descarga se calcula utilizando la siguiente expresión:

Tiempo de descarga = carga eléctrica de la batería/consumo eléctrico

Ejemplo:

Si una batería de 3,7 voltios puede cargar 1000 mAh, durará 50 horas en un dispositivo que consuma 200 mA por hora:

Tiempo de descarga = carga eléctrica/consumo eléctrico

Tiempo de descarga =  $1000/200 = 50$  horas

Y si el dispositivo móvil consume 10 mA por hora, el tiempo de vida de vida de la batería será de 10 horas.

#### II.1.1.4.2.3. ENERGÍA ACUMULADA EN LAS BATERÍAS.

---

La unidad para medir la energía acumulada en una batería es el joule; sin embargo, para fines prácticos, y dado que el voltaje de una batería es fijo, se utiliza el Ah como unidad de carga, haciendo referencia al tiempo de carga y descarga de la batería. La equivalencia de energía máxima que se acumula en una batería viene dada por la cantidad de Ah de la batería, multiplicada por 3600 y por el voltaje.

En las baterías de dispositivos móviles es normal el uso del miliamperio hora (mAh), que representa la milésima parte del Ah, o lo que es lo mismo 3,6 C. Esto indica la máxima carga eléctrica que es capaz de almacenar la batería. A mayor carga eléctrica almacenada, mayor tiempo tardará en descargarse.

## II.1.2. TECNOLOGÍA BLUETOOTH.

Esta es la tecnología utilizada para interconectar los dispositivos móviles de los alumnos y formar así una red que permita acceder de manera eficiente a los recursos m-learning ubicados en la red de infraestructura.

---

### II.1.2.1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA.

Bluetooth es una especificación industrial para WPAN que otorga servicios de transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia.

Es una tecnología de bajo costo y de interfaz abierta que permite interconectar nodos de forma inalámbrica. Por lo tanto, posibilita la creación de redes inalámbricas domésticas para sincronizar y compartir la información que se encuentra almacenada en diversos equipos, entre otras cosas.

---

### II.1.2.2. CARACTERÍSTICAS.

---

#### II.1.2.2.1. TOPOLOGÍA DE LA RED: FORMACIÓN DE PICONETS Y SCATTERNETS.

---

La conectividad de corto alcance encaja muy bien en el contexto de área amplia, en la cual puede extender la formación de redes IP al dominio de la red de área personal.

Bluetooth debe ser capaz de transportar IP eficientemente en una PAN (Red de área personal), ya que la misma estará conectada a Internet a través de LANs corporativas.

En las redes PAN, diversos dispositivos inalámbricos pueden formar una “Piconet” (red pequeña), adjudicándoseles en la misma roles de esclavo (uno o más) o maestro (un maestro por Piconet) a cada uno. El rol de nodo maestro puede ejercerlo cualquier dispositivo, para ello, el rol del mismo deberá estar establecido de antemano por el protocolo



de la red. Este dispositivo, en conclusión, es el encargado de definir la secuencia de saltos (trayectoria desde un dispositivo emisor a un receptor), teniendo en cuenta que en una posee la restricción de poder interactuar al mismo tiempo con un máximo de siete esclavos.

Existen dos tipos de comunicación entre dispositivos en la red: Comunicación punto a punto: la comunicación entre dos dispositivos activos de la Piconet (mensaje para un receptor), y comunicación punto a multipunto: más de un dispositivo se comunica con otro, uno como maestro y el resto como esclavos (mensaje por difusión).

Si varias Piconets se interconectan entre ellas, se da lo que se denomina Scatternet. Con esto se consigue la comunicación entre más dispositivos y además, se podría conseguir un mayor aprovechamiento de la red si las redes transitan canales diferentes. [43]

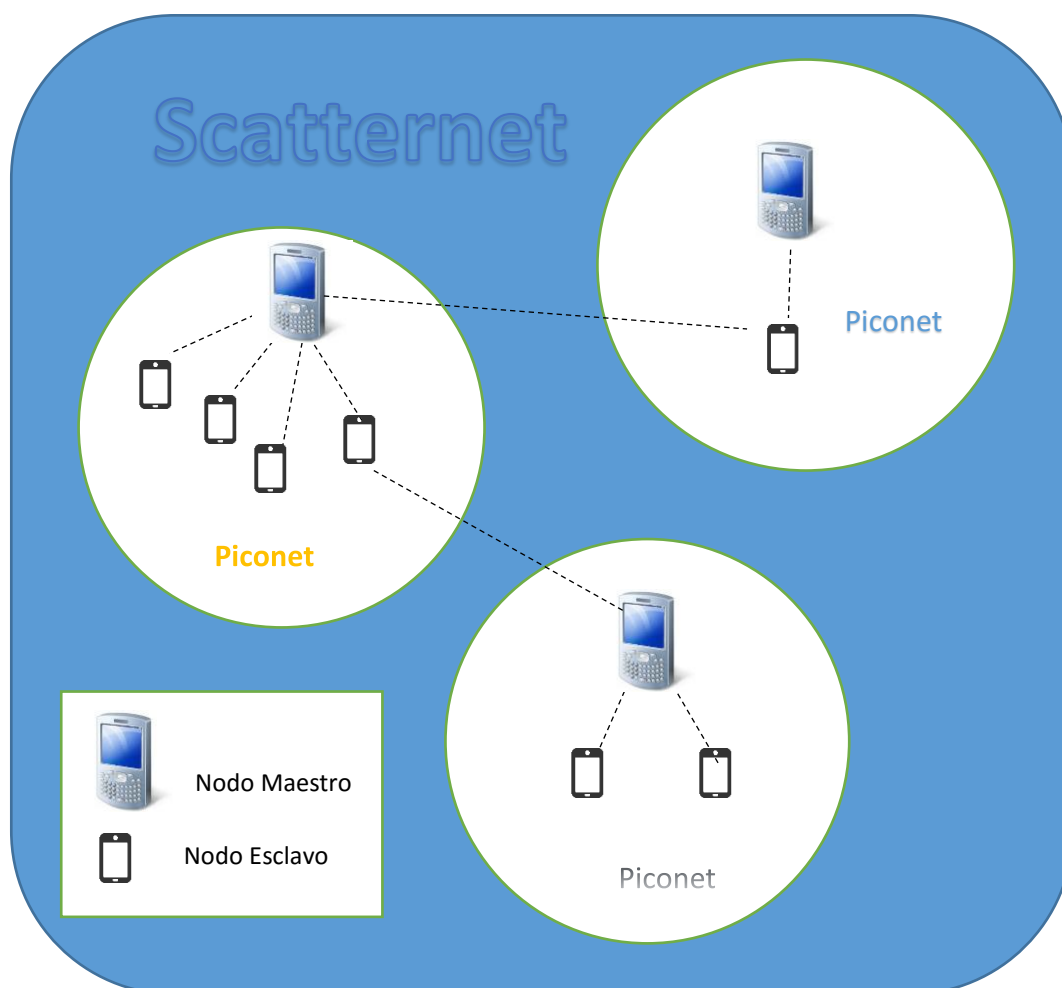


Figura 2-7. Formación de Piconets y Scatternets

#### II.1.2.2.2. FORMACIÓN DE MANETS USANDO BLUETOOTH (JUSTIFICACIÓN).

---

##### Tecnologías competidoras:

Existen 3 estándares análogos a Bluetooth (IEEE 802.15.1) para formar redes móviles ad hoc: Ultra-wideband (UWB, IEEE 802.15.3), ZigBee (IEEE 802.15.4) y WiFi (IEEE 802.11). [39]

Ultra-WideBand Radio (UWB) es una tecnología de radio frecuencia de alta velocidad y a corto alcance (1 a 20 metros) donde cortos pulsos son transmitidos en un amplio rango de frecuencia.

ZigBee Tiene una velocidad de hasta 250 kbit/s en contraste de Bluetooth, la cual es de hasta 3000 kbs. Bluetooth se usa para aplicaciones como los teléfonos móviles y para usos hogareños (corto alcance), la velocidad del ZigBee se hace insuficiente para estas tareas, desviándolo solamente para tareas en las cuales la transferencia de datos es menor. [19]

Wifi es una tecnología de transmisión inalámbrica, ampliamente usada en la actualidad para armar redes locales en empresas u hogares, está basada en las especificaciones de IEEE 802.11. De acuerdo al estándar compatible soporta velocidades desde 2Mbps (802.11 legacy) hasta 600Mbps(802.11n). Funciona en la misma frecuencia que Bluetooth es decir 2.4GHz hubo un momento en que se producían interferencias entre dichas tecnologías, pero bluetooth soluciono esto desde la versión 1.2. [50]

##### Otras Tecnologías:

IrDA (Infrared Data Association) ha sido por varios años muy conocido y ampliamente utilizado. Es más rápido que Bluetooth pero es limitado a conexiones punto a punto y requiere línea de vista. En el pasado IrDA tuvo problemas con las implementaciones con estándares incompatibles, una lección que Bluetooth SIG (Special Interest Group) aprendió.

Wireless USB es estrictamente visto como un sustituto para los cables USB de hoy. Al computador en el otro extremo, le parecerá como una conexión bajo el estándar USB. La

tecnología ha sido diseñada para teclados, ratones, y controles de juego. Pero si el sistema está disponible y es fácil de utilizar, llegaría a ser una gran competencia para Bluetooth.

¿Por qué Bluetooth entonces?:

Las soluciones Bluetooth dan respuesta a la necesidad de conectividad inalámbrica de corto alcance dentro de tres áreas: puntos de acceso de voz y datos, sustitución de los cables y redes Ad-Hoc.

Se elige la tecnología Bluetooth para realizar el despliegue de MANETs, en zonas de recursos limitados, por las siguientes razones:

- Ahorro de energía y uso adecuado de la batería, esto se da debido principalmente a que es una tecnología que usa un radio corto de alcance.
- El consumo de energía en miliwatts de UWB y WiFi es hasta 4 veces superior al consumo de Bluetooth.
- La mayor parte de los dispositivos móviles que se consiguen en el mercado tienen consigo Bluetooth debido a su bajo precio y reducido tamaño.
- No se requieren componentes de infraestructura, por ejemplo: Puntos de acceso o switches, los cuales necesitan energía para poder funcionar.
- Facilidad y rapidez de despliegue. [39]

#### II.1.2.2.3 PILA DE PROTOCOLOS BLUETOOTH (STACK BLUETOOTH).

---

La pila de protocolos Bluetooth tiene su pilar en el modelo de referencia OSI (Open System Interconnect). Es así que Bluetooth se basa en una arquitectura de niveles. Los protocolos de estos niveles, en conjunto, intercambian información entre aplicaciones de manera transparente, diseñadas acorde a la especificación y fomentan generalidad en la compatibilidad entre productos de diferentes fabricantes, operativamente hablando. [43]



Figura 2-8. Diferencia entre modelo OSI y Bluetooth

En la pila de protocolos de Bluetooth, la referencia a hardware, significa el conjunto de tareas relacionadas con el envío de información a través del interfaz de radiofrecuencia. La parte software, indica la relación con las capas superiores de enlace y aplicación.

Es la Interfaz de Controlador de Host (HCI) la que interconecta las dos partes mencionadas anteriormente.

De esta división, la especificación abierta de Bluetooth logra mantener la interoperabilidad entre dispositivos que implementen diferentes pilas. [43]

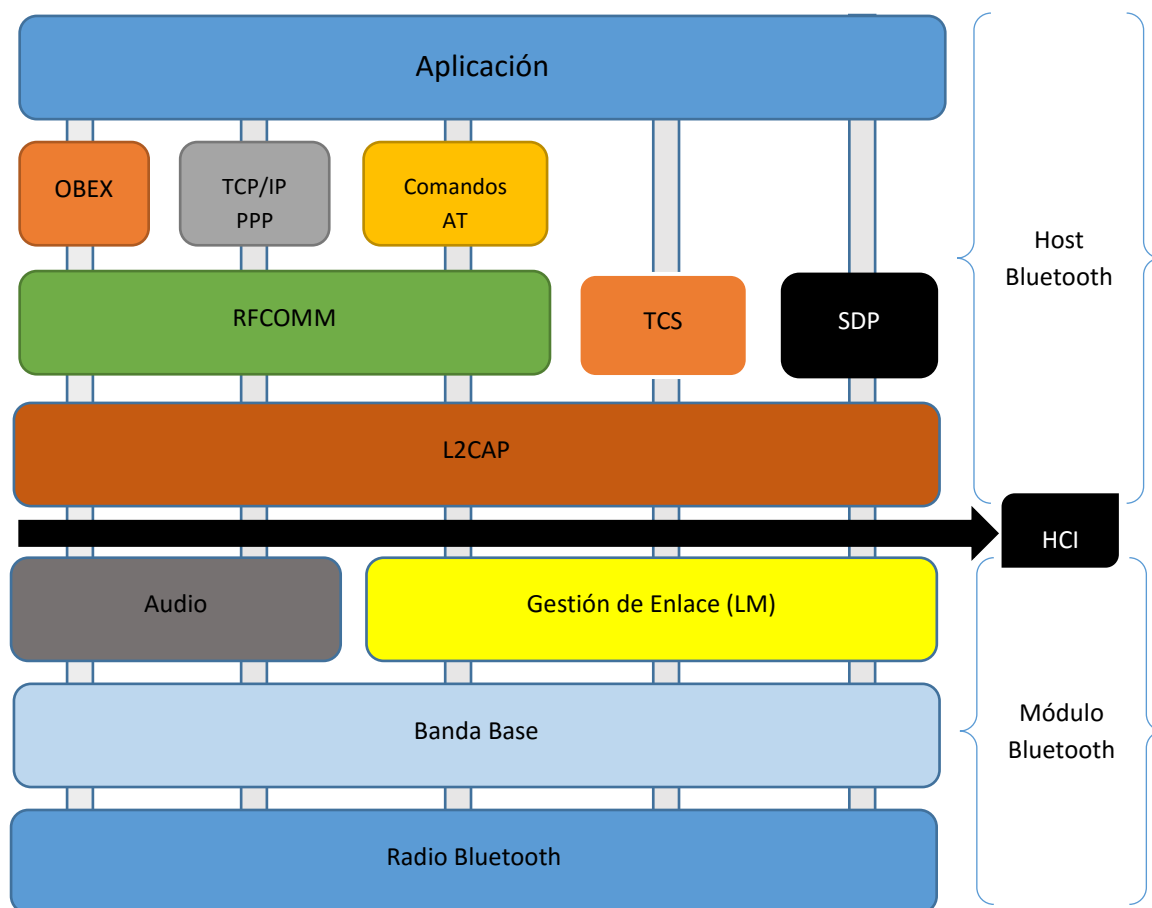


Figura 2-9. Pila de protocolos

### II.1.2.3. PERFILES BLUETOOTH.

Un perfil Bluetooth describe un tipo de aplicación o modo de uso del dispositivo Bluetooth. Dos dispositivos Bluetooth se comunicarán entre ellos si comparten al menos uno de los perfiles Bluetooth-. Por ejemplo, si dos dispositivos quieren compartir un archivo, los dos necesitan soportar el perfil apropiado. [27]

Un perfil puede ser descrito como un corte vertical a través de la pila de protocolos. Define opciones y rangos de parámetros en cada protocolo que son obligatorios para el perfil. El concepto de perfil se utiliza para garantizar interoperabilidad entre los dispositivos de diferentes fabricantes. [8]

La estructura del perfil Bluetooth y las dependencias de los perfiles se representan a continuación. Un perfil es dependiente de otro perfil si se reutiliza partes de ese perfil.

Las dependencias se ilustran en la Figura 2-10: un perfil tiene dependencias en el perfil (es) en que está contenido. Por ejemplo, el perfil de transferencia de archivos es dependiente del cambio de objeto genérico, puerto serie, y los perfiles de acceso genérico. [8]

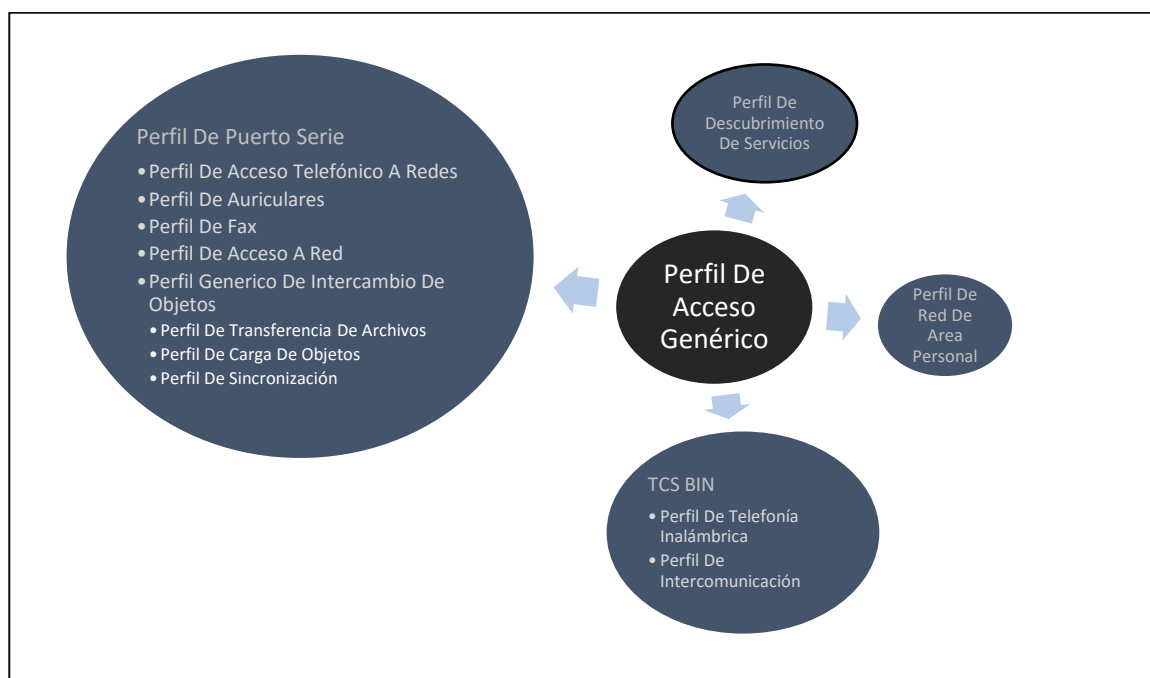


Figura 2-10. Perfiles Bluetooth

- Perfil de acceso genérico (General Access), es la base para todos los perfiles. En él se describe las operaciones fundamentales necesarias para establecer una conexión Bluetooth entre dos o más dispositivos, incluyendo la función del descubrimiento de dispositivos.
- Service Discovery, permite descubrir los servicios disponibles en otros dispositivos Bluetooth.
- Serial Port, emulado puerto serie para aplicaciones que utilizan tradicionalmente un cable interfaz de puerto serie.

- Head Set, define los datos de voz tanto en la transmisión y recepción de más de un Enlace Bluetooth.
- Dial-Up Networking, que se define principalmente como el enlace entre un teléfono celular y un ordenador. El perfil se define por lo que el equipo puede iniciar cualquiera de los datos, llamar o recibir la llamada de datos en función de la configuración del usuario.
- Cordless Telephony, capacidad para un teléfono celular que funciona como un teléfono inalámbrico cuando está en la proximidad de su cable de estación base de servicio telefónico.
- Intercom, define la función de intercomunicación en los teléfonos / teléfonos móviles usando Bluetooth como el enlace de radio.
- Fax, teléfono celular o módem se pueden utilizar como una interfaz de fax a un ordenador para envío y recepción de faxes.
- LAN Access, la creación de una red de área personal utilizando Point - to-Point Protocol (PPP).
- Generic Object Exchange (OBEX) , define los procedimientos utilizados por los archivos transferencia , envío de objetos , y de sincronización de perfiles
- Object Push , capacidad de empujar o tirar de una tarjeta de visita o una cita
- File Transfer, navegar por un sistema de archivos en, crear o borrar archivos / carpetas en , o transferir archivos desde / a otro dispositivo Bluetooth
- Synchronization, sirve para activar la sincronización en el calendario y agenda entre dispositivos bluetooth habilitados.
- Personal Area Networking (PAN), proporciona capacidades de red a Dispositivos Bluetooth y establece las normas para la realización del tráfico IP a través de Conexiones Bluetooth.

#### II.1.2.3.1. TCP/IP SOBRE BLUETOOTH.

---

Para poder recibir datagramas IPV4 en una red Bluetooth (MANET) es necesario que esta tecnología pueda ser capaz de interpretar TCP/IP esto es posible gracias a BNEP (Bluetooth Network Encapsulation Protocol), que es capaz de transportar protocolos de red

comunes como IPV4 O IPV6, entre los distintos medios de transmisión bluetooth, esto se logra mediante una sesión L2CAP a través del perfil PAN (Personal Area Networking).[8]

II.1.2.3.1.1. PERSONAL AREA NETWORKING.

PAN describe cómo dos o más dispositivos Bluetooth pueden formar una red ad-hoc y cómo el mismo mecanismo se puede usar para acceder a una red remota a través de un punto de acceso de red.

Tabla 2-3. Perfil PAN vs SPP

Perfiles	Protocolos						
PAN	TCP/UDP	IP	BNEP	L2CAP	SAR	BASEBAND	RF
SPP			RFCOMM		LMP		

En la tabla 2-3 se muestran a modo de ejemplo el uso de protocolos por parte de los 2 perfiles para transporte de datos: SPP (Serial Port Profile) y PAN (Personal Area Networking). Cada perfil bluetooth hace uso de determinados protocolos para poder brindar un servicio al usuario.

Escenarios:

Para este perfil, se analizan tres escenarios generales: (1) los puntos de acceso de red (NAP – network Access Point), (2) Grupos de redes Ad-hoc y (3) PANU – PANU (Pan User – Pan User). Cada uno de los escenarios tiene arquitectura de red única y requisitos de red únicos, pero todos son diferentes combinaciones de un PAN. [8]

- Network Access Point:

Un punto de acceso de red es una unidad que contiene uno o más dispositivos de radio Bluetooth y actúa como un puente, proxy, o Router entre una red Bluetooth y alguna otra tecnología de red (10BASE-T, GSM, etc.). Un dispositivo que esté conectado a un



punto de acceso sería como estar conectado de manera directa a una interfaz de red con acceso a internet. Este tipo de configuración PAN es utilizado en el escenario de estudio: donde un dispositivo hará su función de punto de acceso para conectarse a otra red (por ej internet). Cada punto de acceso de red puede permitir que uno o más dispositivos informáticos accedan a un servicio, que puede incluir el acceso a todos los recursos compartidos de una LAN. Los puntos de acceso de red facilitarán el acceso a otras redes a través de tecnologías como Ethernet, RDSI, Home PNA, Cable Modem y celular. [8]

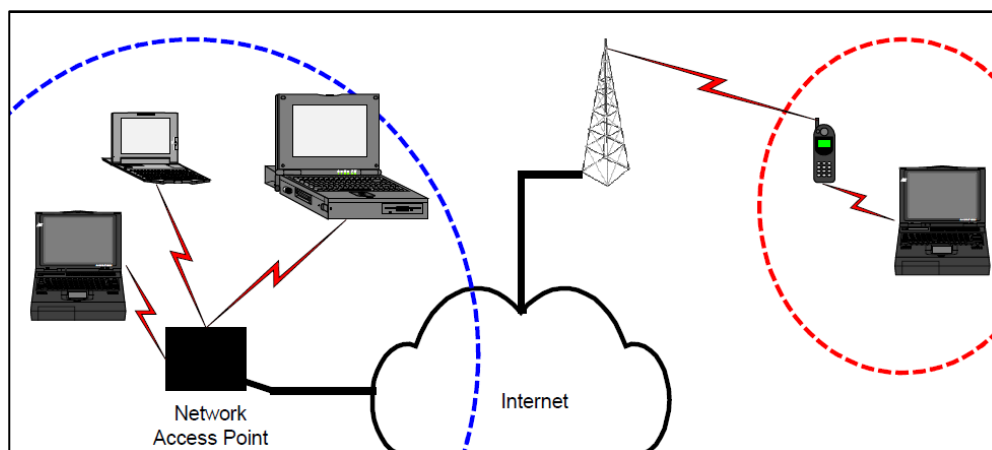


Figura 2-11. Ejemplo de dos tipos de NAP

- Grupos de Redes Ad-Hoc.

Los hosts móviles crean cooperativamente redes inalámbricas ad - hoc sin el uso de hardware de red adicional o infraestructura. La versión 1.0 del perfil PAN se centra en el siguiente escenario de redes simples personal ad - hoc compuesto por una solo Piconet Bluetooth con conexiones entre dos o más dispositivos Bluetooth.

- PANU – PANU.

En este escenario, una conexión punto a punto entre dos PANU permite la comunicación directa entre sólo estos dos nodos.

- Pila de perfil:

Los siguientes datos indican los protocolos y las entidades utilizadas en cada una de las tres funciones definidas por el perfil PAN. [8]

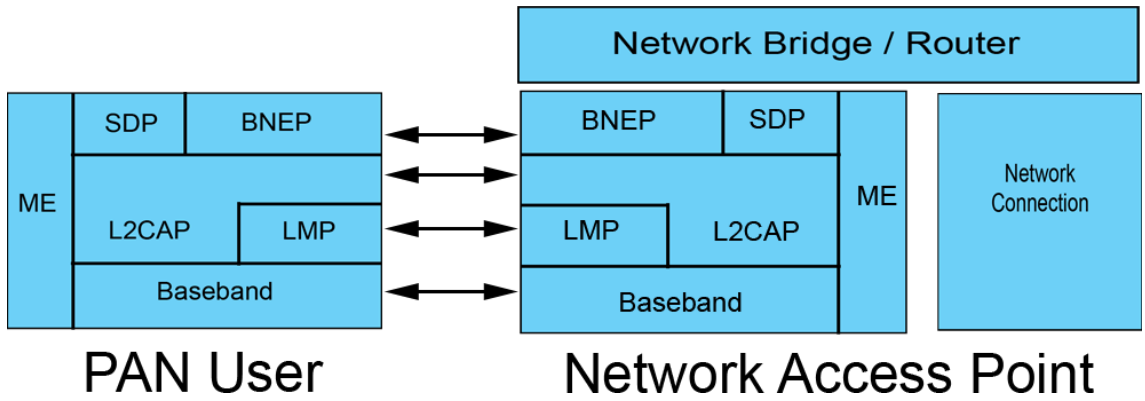


Figura 2-12. Pila de perfil PAN para fase 1

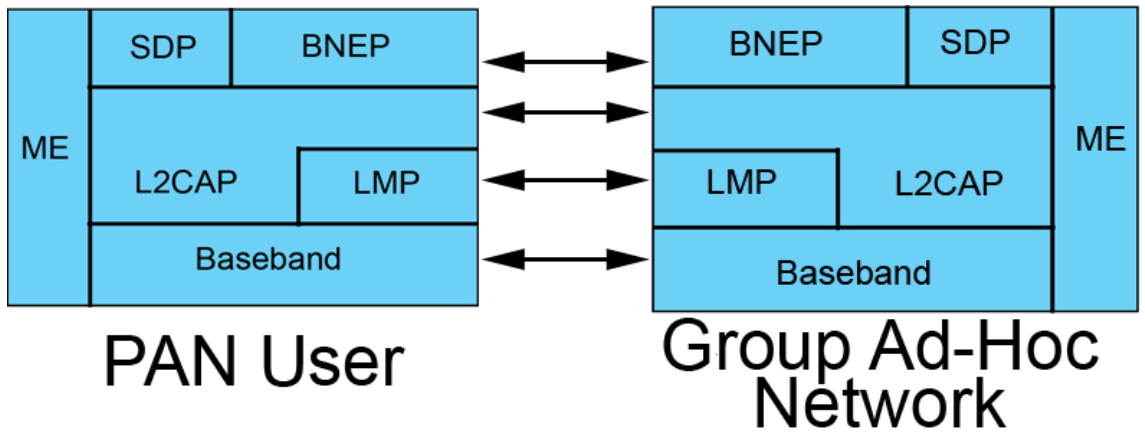


Figura 2-13. Pila de perfil de grupos de redes Ad-Hoc para fase 1.

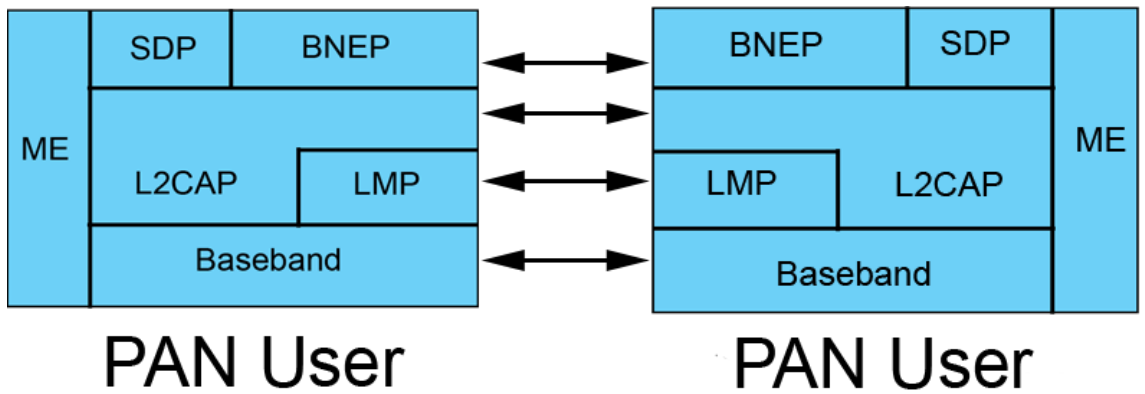


Figura 2-14. Pila de protocolo de PANU a PANU para fase 1.

#### II.1.2.3.1.2. BLUETOOTH NETWORK ENCAPSULATION PROTOCOL (BNEP).

---

Los dispositivos con Bluetooth tendrán la capacidad de formar redes e intercambiar información. Para lograr esto, debe definirse un formato de paquete común para encapsular protocolos de capa 3 de la red.

El protocolo de encapsulación de red Bluetooth (BNEP) encapsula los paquetes de varios protocolos de red, que son transportados directamente sobre el control de enlace lógico Bluetooth y el Protocolo de la capa de adaptación (L2CAP). L2CAP provee una capa de enlace de datos para Bluetooth.

##### Overhead Bluetooth:

A la información transportada comúnmente por redes cableadas por la trama Ethernet, se agregan un total de 15 bytes correspondientes a la cabecera BNEP y se reservan 176 para una posible cabecera extendida. [38]

La especificación fija el valor mínimo de la MTU de L2CAP para BNEP en 1691 bytes, de acuerdo a lo siguiente:

Payload (1500 bytes) + cabecera BNEP (15 bytes) + posible cabecera extendida  
(176 bytes) = 1691 bytes

Entonces, la carga útil máxima que aceptará BNEP del nivel superior tiene que ser igual al valor de la MTU de L2CAP (valor mínimo: 1691), menos 191 bytes reservados para cabeceras BNEP (Figura 2-15).

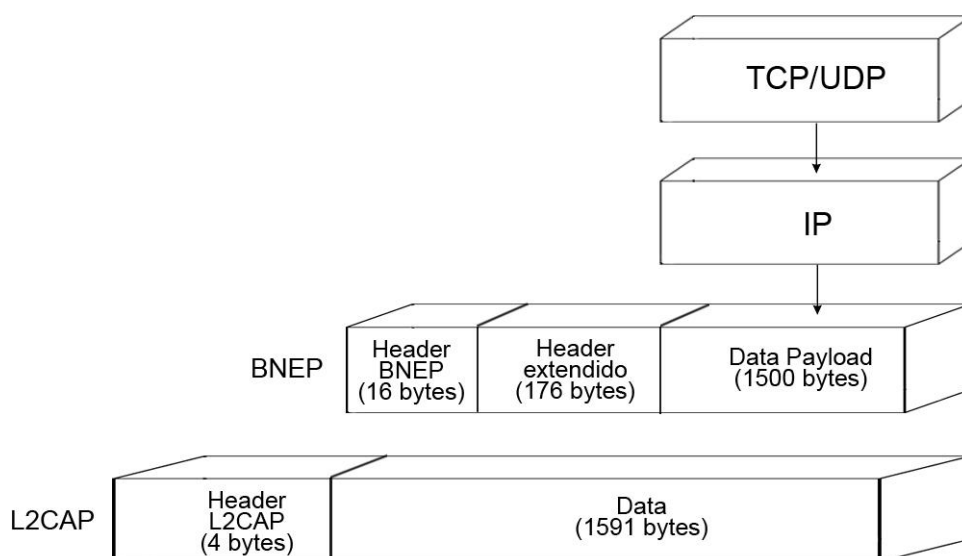


Figura 2-15. TCP/IP sobre Bluetooth.

#### II.1.2.4. VERSIONES DE BLUETOOTH.

El Grupo de Interés Especial (SIG)\* de la tecnología Bluetooth, liberó Bluetooth versión 1.2 en el año 2003. En 2004 publicó la versión 2.0 para suprimir interferencias de radio frecuencia y también mayor seguridad para protegerse contra la intromisión y seguimiento.

En la siguiente tabla se muestran particularidades de las versiones lanzadas de Bluetooth [7]:

Tabla 2-4. Versiones Bluetooth.

<b>Versión Bluetooth</b>	<b>Características</b>
<i>Bluetooth v1.2</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatible hacia atrás con v1.1, más rápida y de mejor invención.</li> <li>• Confrontación recuperada a interferencia de radiofrecuencia evitando el uso de frecuencias atestadas en la secuencia de salto.</li> <li>• Velocidad máxima de transmisión de datos a 721 kbit/s.</li> </ul>
<i>Bluetooth v2.0</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatible hacia atrás con v1.2 y anteriores.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de datos mejorada (del inglés EDR, Enhanced Data Rate) para la transferencia de datos más rápida.</li> <li>• La tasa nominal de EDR es de 3 Mbit / s.</li> </ul>
<i>Bluetooth v2.1</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatible hacia atrás con v1.2.</li> <li>• Utiliza emparejamiento simple seguro (del inglés SSP, Secure Simple Pairing) para tener una mejor experiencia de emparejamiento de dispositivos Bluetooth.</li> <li>• Usan subcategoría de “Sniff”, que reduce el consumo de energía en modo de bajo consumo.</li> </ul>
<i>Bluetooth v3.0</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatible hacia atrás con v2.1.</li> <li>• Bluetooth 3.0 ofrece velocidades de transferencia de datos teóricos de hasta 24 Mbit / s.</li> <li>• Para el tráfico de alta velocidad de datos, esta versión utiliza el enlace adyacente 802.11.</li> </ul>
<i>Bluetooth v4.0 (Low Energy)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatible hacia atrás con v3.0</li> <li>• Proporciona mayor velocidad en la transmisión de datos que la versión anterior.</li> <li>• Viene con gran reducción de consumo de energía, como si no requiriera ningún poder en absoluto para poder funcionar.</li> <li>• Proporciona mayor seguridad en la transmisión de datos que la versión anterior.</li> </ul>

Por las características de este trabajo quizás sea lógico pensar que la versión 4.0 de Bluetooth sea la más adecuada, ya que se busca prolongar la vida útil de la batería.

Sin embargo, considerando la disponibilidad escasa o nula de dispositivos de alta gama en la zona de estudio, los cuales son los únicos que disponen de esta versión Bluetooth, es preciso considerar que la versión 2.0 se adecúa mejor a la zona, puesto a que esta se encuentra presente en la mayoría de los celulares de media-gama. Por lo tanto, para el despliegue de la red se necesita contar con dispositivos que posean como mínimo la versión 2.0 de Bluetooth.

Se detallarán las tecnologías para intercomunicar la red Bluetooth con el servidor, que serán el nexo para que los alumnos y docentes accedan de manera remota a los recursos m-learning.

### II.1.3. ACCESO A INTERNET

#### II.1.3.1. GENERAL PACKET RADIO SERVICE (GPRS)

A continuación, se detallará GPRS, tecnología de telefonía móvil escogida en este trabajo para acceder a Internet.

##### II.1.3.1.1. DEFINICIÓN

GPRS es la evolución de GSM puesto que permite mejores y más servicios, como la transmisión de datos a las aplicaciones. Es así que GPRS se distingue de la primera generación de telefonía móvil por utilizar conmutación de paquetes para la transmisión de datos (packet-oriented). [39]

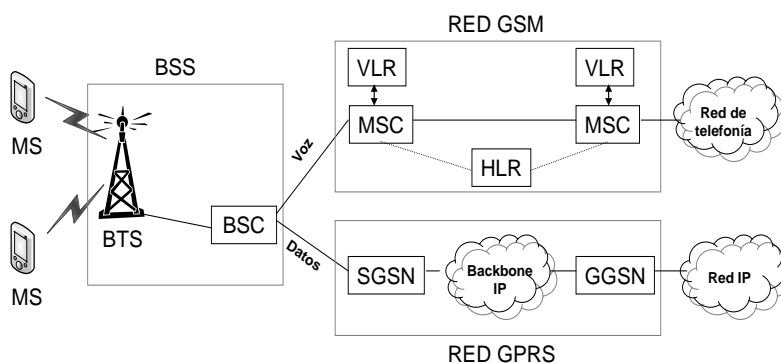


Figura 2-16. Red GPRS

##### II.1.3.1.2. ARQUITECTURA DE UNA RED GSM/GPRS

GPRS gestiona las comunicaciones de datos a través de los nodos SGSN y GGSN interconectados a través de un backbone IP. El SGSN (Serving GPRS Support Node) se encarga de la entrega de paquetes desde y hacia las estaciones móviles que se encuentran en su área de servicio mientras que el GGSN (Gateway GPRS Support Node) interconecta el backbone de la red GPRS y las PDN (Packet Data Networks), redes de paquetes de datos externas, además actúa como la puerta de enlace entre la red GPRS y una red de datos externa (Internet, intranet, etc.).

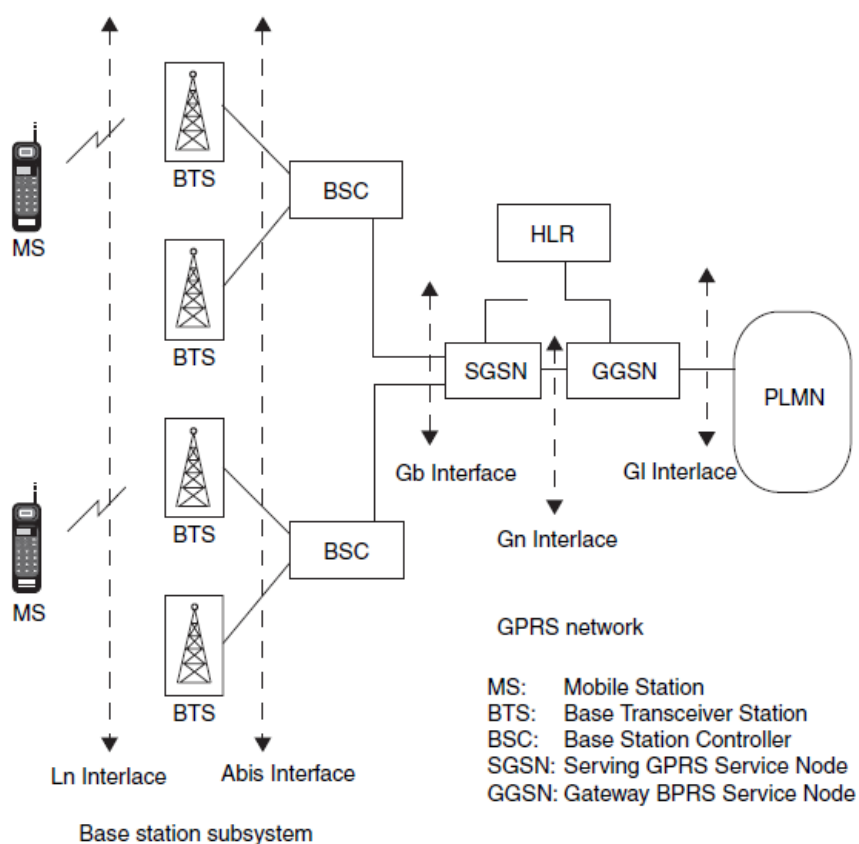


Figura 2-17. Arquitectura de red GPRS

General Packet Radio Service fue ideado para proporcionar a los equipos móviles la conectividad de datos con varios servidores web.

En la arquitectura GPRS, al tener un equipo móvil y múltiples ranuras de tiempo para transmitir, es posible que varios intervalos de tiempo se asignen en los canales pertenecientes a diferentes BTS (Base Transceiver Stations), es decir, estaciones transceptoras base para conectarse a la red.

Por lo tanto, BTS no puede calcular el número de secuencia de un paquete. Es entonces que GPRS transfiere la responsabilidad de cifrado y el descifrado en el lado de la red de la BTS al SGSN. El SGSN es el equivalente del VLR y el MSC. Esto significa que la arquitectura GPRS evita eficazmente (protege contra) la escucha en la columna vertebral entre la BTS y el SGSN también.

---

#### II.1.3.2. ENHANCED DATA RATES FOR GSM EVOLUTION (EDGE).

También conocida como EGPRS (Enhanced GPRS), es un puente entre 2G Y 3G, se la considera una evolución de GPRS. Funciona con cualquier red que tenga implementado GPRS, asimismo, el operador debe implementar las actualizaciones necesarias y proveer los teléfonos móviles adecuados para la tecnología.

EDGE puede alcanzar una velocidad de transmisión de paquetes de 384 kbps. Mejora el modo de circuitos de datos llamados HSCSD, aumentando el ancho de banda para el servicio. EDGE fue estrenado en las redes GSM de Estados Unidos, en el año 2003. [30]

Con relación al parecido a la arquitectura GPRS que se mencionaba anteriormente, la parte central no necesita ser modificada. Sin embargo, las estaciones base BTS (antenas de telefonía móvil) sí deben serlo. Se deben instalar transceptores compatibles con EDGE, además de nuevos dispositivos (teléfonos) y un software que pueda decodificar/codificar los nuevos esquemas de modulación [30]

---

#### II.1.3.3. OTRAS TECNOLOGÍAS

3G: el mundo de las telecomunicaciones cambió debido a la tendencia hacia una convergencia de los medios de comunicación y la consolidación de la industria.

El sistema 3G ofrece una amplia gama de servicios de telecomunicaciones, incluyendo voz, multimedia, video y una alta velocidad de datos. En América del Norte se dispone de cdma2000, el cual es manejado por la Asociación de Industrias de la Telecomunicación (TIA). En Europa, Asia, Australia y en muchas partes del mundo, 3G ha sido aceptado como UMTS y WCDMA, éstos son resultados de la normal evolución de GSM/GPRS. [28].



Cdma2000 es la versión de cdmaOne o IS-95 en la tercera generación. Dos son los servicios brindados por la misma: los datos intercambiados de circuito de alta velocidad y los paquetes de datos. Cdma2000 se desarrolla en fases, la primera es conocida como cdma 1x que emplea 1,25 MHz de ancho de banda en la frecuencia y entrega un máximo de 144 kbps para aplicaciones fijas y móviles. A la segunda fase se la denomina cdma 3x, que usa un ancho de banda de 5 MHz y soporta 144 kbps de datos para aplicaciones móviles y vehiculares, además de 2 Mbps para aplicaciones fijas. [4]

UMTS, Universal Mobile Telephone System (Sistema de Telefonía Móvil Universal) es desarrollado en el marco de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) IMT-2000. La cobertura se determina por una combinación de tamaños de células que van desde células pico en construcción a células globales provistas por satélite dando servicios a regiones remotas del mundo. UMTS no es un reemplazo de las tecnologías de Segunda Generación (Ej: GSM, DCS1800, CDMA, DECT, etc.), las cuales continúan evolucionando hacia su máximo potencial. [52]

4G- Velocidad futurística:

Lo que distingue a la cuarta de la tercera generación tiene que ver con la eliminación de los circuitos de intercambio, para emplear únicamente las redes IP (protocolo de Internet),

Todos los datos, incluyendo la voz de las llamadas, son transmitidas con una velocidad superior al Gbps, además cuenta con un mayor ancho de banda, lo que genera beneficios importantes, por ejemplo: televisión de alta definición (high definition) o de alta resolución. [14]

LTE-Advance:

En LTE-Advanced el foco se centra en una mayor capacidad: La fuerza motriz para desarrollar aún más hacia LTE-Advanced - LTE versión 10 ofreció mayores tasas de bits en una forma rentable y, al mismo tiempo, cumplió completamente con los requisitos establecidos por la UIT para las IMT avanzada, también conocida como 4G.

- Incremento en la tasa de transferencia de datos, DL(velocidad de bajada) 3 Gbps, UL(velocidad de subida) 1.5 Gbps
- Eficiencia espectral superior, de un máximo de 16bps / Hz en R8 a 30 bps / Hz en R10

- Aumento del número de abonados activos simultáneamente
- Mejora del rendimiento en los bordes de células, por ejemplo, para DL 2x2 MIMO al menos 2,40 bps / Hz / célula.
- Las principales nuevas funcionalidades introducidas en LTE-Advanced son Carrier Aggregation (CA), el aumento de la utilización de técnicas de múltiples antenas y el apoyo a los nodos de retransmisión (RN).

#### II.1.3.4. COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGÍAS

Existen 5 tecnologías que permiten integrar una MANET remota a una red de infraestructura, estas son: 2G (GSM), 2.5G (GPRS), 2.75G (EDGE), 3G (UMTS, HSDPA y HSUPA) y 4G (LTE). [39]

Los factores más importantes a considerar a la hora de elegir una de las tecnologías son: Cobertura en la zona de despliegue de la MANET, consumo de energía y velocidad de transmisión de datos.

La figura 2-18 ilustra el incremento de las velocidades de transferencia en las diferentes tecnologías a través del tiempo, desde las redes GSM (9 kbit/s) hasta las redes 4G (1 Gbit/s). Note que las tecnologías HSDPA, HSUPA y LTE utilizan diferentes velocidades para el enlace descendente (DL - downlink) y para el ascendente (UL – uplink).

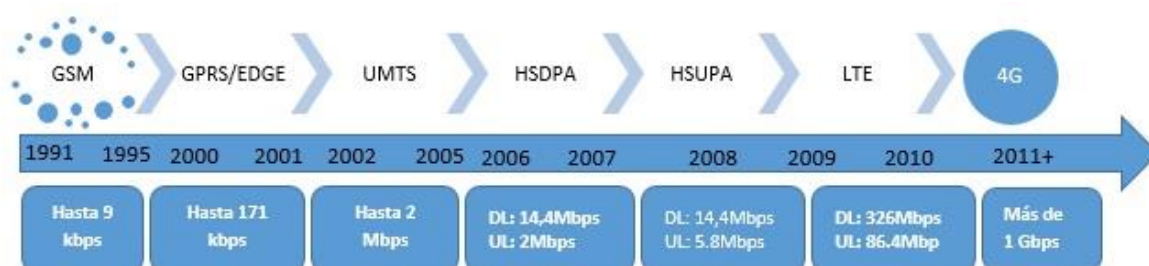


Figura 2-18. Velocidad de transferencia en las distintas tecnologías celulares.

### II.1.3.5. JUSTIFICACIÓN

Para integrar la MANET desplegada en zona remota, se escoge la tecnología 2G, es decir GPRS/EDGE (en lugar de UMTS o HDPSA). Esta elección se establece por las siguientes razones:

- El consumo de energía es menor en los dispositivos móviles que utilizan 2G, en contraste a los que utilizan UMTS o HDPSA.
- Las estaciones base compatibles con los estándares UMTS/HDPSA son escasas o inexistentes en zonas alejadas, lo que genera que los dispositivos móviles 3G tengan que conectarse a antenas situadas a grandes distancias y utilicen mayor potencia para transmitir los datos.
- Las velocidades de transferencia alcanzables por los estándares 3G y 4G implican un mayor uso de CPU y un mayor consumo de energía en los dispositivos.
- Disponibilidad casi asegurada de la tecnología 2G en zonas remotas. 3G por lo general se establece en zonas con gran concentración de usuarios debido a que es conveniente para las empresas de telefonía celular, por lo que implementación en zonas alejadas implica un importante recambio tecnológico de sus instalaciones.
- Un dispositivo 2G/3G es muy superior en cuanto a costo en comparación de un dispositivo 2G, además no se justifica la compra de los mismos en zonas alejadas puesto que solamente existen redes 2G y tecnología 3G muy limitada o directamente inexistente.
- La velocidad máxima de transferencia que soporta la red GPRS es pequeña en comparación a UMTS, sin embargo, es suficiente para establecer una conexión con la red de infraestructura que contiene al servidor.
- Además, al tratarse de que las mediciones serán en base a experimentar con una aplicación liviana, los servicios o la calidad que ofrece 2G son suficientes para el propósito establecido.

#### II.1.4. M-LEARNING

---

##### II.1.4.1. INTRODUCCIÓN AL M-LEARNING

---

El mobile-learning se trata del aprendizaje basado en tecnologías móviles, tanto dispositivos (principalmente teléfonos celulares, teléfonos inteligentes, tabletas) como redes móviles (principalmente 3G, 4G, GPRS, Bluetooth).

Los primeros conceptos de m-Learning consisten en definiciones puramente tecnológicas, como la enunciada en el párrafo anterior. Luego surgieron conceptualizaciones basadas en beneficios y tipos de aprendizaje que proporcionan estos medios.

##### II.1.4.2. CONCEPTUALIZACIÓN DEL M-LEARNING

---

*El m-learning se basa en la capacidad de cualquier persona de utilizar la tecnología de red móvil para acceder a información relevante o para almacenar nueva información, con independencia de su ubicación física (Woodill, 2011).*

El m-learning involucra los procesos de conocer y la fiabilidad de funcionar con éxito en nuevos contextos y en nuevos espacios de aprendizaje. Se trata de entender cómo utilizar el mundo de la vida cotidiana como espacio de aprendizaje para de esa forma aplicar ese conocimiento. Por lo tanto, la tecnología no es la cuestión principal en el aprendizaje móvil.

*El m-learning es el proceso de adquirir conocimiento mediante transferencias mediadas por tecnología móvil, tanto en ambientes de aprendizaje formales e informales (vida cotidiana y laboral); involucra en la persona competencias tecnológicas para manejo de los dispositivos y competencias relacionadas con aprendizaje autónomo y con la capacidad de interacción.*

### II.1.4.3. EVOLUCIÓN Y BENEFICIOS

Según Pachler et al. (2010), se reconocen tres fases en el m-learning.

La primera fase rige desde la mitad de los años 90. Trató sobre el estudio de los dispositivos que pueden ser usados en un ámbito educativo de instrucción y entrenamiento (PDAs, tablets, laptops, teléfonos celulares).

La segunda fase permitió la construcción de conocimiento por parte de las personas que se encuentran en situaciones fuera del contexto educacional institucional.

En la tercera fase se determinan tres recursos importantes: aprendizaje basado en realidad mixta (aumentar la realidad enriqueciendo el contexto de aprendizaje), aprendizaje sensible al contexto (permite aprender a través de sistemas que brindan información de acuerdo al lugar) y aprendizaje ambientado (usa artefactos digitales para aumentar o enriquecer el ambiente de aprendizaje en movimiento).

Los principales beneficios son:

- Portabilidad
- Conectividad en cualquier momento y en cualquier lugar
- Acceso flexible y oportuno a los recursos de aprendizaje
- Inmediatez de la comunicación
- Experiencias de aprendizaje activas.

---

### II.1.4.4. CARACTERÍSTICAS DEL M-LEARNING

#### II.1.4.4.1. EL ECOSISTEMA DE M-LEARNING

---

**Dispositivos.** El ecosistema del m-learning incluye aparatos tecnológicos portátiles de poco tamaño que permiten la comunicación en línea entre las personas, además de proveer otros servicios de cómputo. Éstos se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Procesador y memoria integrada
- Sistema Operativo

- Aplicaciones
- Comunicación con el usuario a través de audio, pantalla, vibración.
- Recibimiento de la entrada del usuario en forma de audio, pantalla táctil, entradas físicas, etc.
- Conexión con el mundo digital a través de redes móviles, wi-fi, Bluetooth, entre otros.
- Recuperación de información del ambiente mediante cámaras, micrófono, GPS.

**Infraestructura.** El ecosistema del m-learning incluye una infraestructura de red que soporta la movilidad en el aprendizaje. Ésta infraestructura se ve reflejada en el avance de la tecnología en telefonía celular a través del tiempo:

- Telefonía celular analógica (1ª Generación – 1G)
- Comunicación móvil digital (2ª Generación – 2G)
- Comunicación móvil de banda ancha (3ª Generación – 3G)
- Redes de amplia banda de cuarta generación (4ª Generación – 4G)

**Plataformas.** Se refiere al sistema operativo que soporta el Smartphone o dispositivo móvil. A continuación, se muestra en una tabla información pertinente al uso (medido en porcentaje) de los mismos en diferentes países:

Tabla 2-5. Uso de sistemas operativos para móviles en América Latina [18].

Tráfico de Internet a través de Smartphones en países latinoamericanos, discriminados por sistema operativo, 2013. % del total					
	Android	Blackberry	IOS	Windows	Otros
Argentina	74.6%	3.6%	9.9%	6.5%	5.4%
Bolivia	75.0%	1.5%	19.3%	1.1%	3.1%
Brasil	63.4%	0.2%	28.4%	4.5%	3.5%
Chile	64.9%	0.4%	30.5%	3.4%	0.8%
Colombia	54.4%	8.2%	31.8%	4.5%	1.0%

Costa Rica	68.7%	0.7%	17.5%	4.8%	8.3%
República Dominicana	47.1%	13.3%	36.0%	3.3%	0.4%
Ecuador	58.9%	7.1%	26.5%	3.1%	4.5%
El Salvador	51.6%	11.3%	31.1%	3.4%	2.6%
Guatemala	60.4%	4.8%	28.4%	4.2%	2.3%
Honduras	53.2%	8.8%	34.8%	1.8%	1.4%
México	52.6%	1.8%	36.4%	7.2%	1.9%
Nicaragua	51.8%	4.9%	31.5%	3.2%	8.6%
Panamá	80.6%	2.2%	16.1%	0.6%	0.5%
Paraguay	74.5%	6.4%	9.8%	3.5%	5.9%
Perú	66.6%	2.4%	23.2%	5.4%	2.4%
Uruguay	58.1%	1.8%	29.2%	6.2%	4.7%
Venezuela	58.8%	12.4%	27.4%	1.0%	2.3%
Latín América	61.3%	3.3%	28.1%	4.9%	2.4%
Nota:	Los valores pueden no alcanzar el 100% debido al redondeo. <a href="http://www.emarketer.com">www.emarketer.com</a>				

**Contenidos.** En el pasado, los profesores y maestros eran las fuentes de información, ya que trataban de transmitir conocimientos a través de la instrucción. Actualmente esta práctica continúa, aunque en menor medida, puesto que cada vez es menos necesario la presencia de los maestros parados al frente de una clase para que se desarrolle el proceso de aprendizaje. En este ecosistema de m-learning, existen fuentes que incluyen aplicaciones y bases de datos que se elaboran con un propósito específico para las organizaciones en todos sus niveles. Los materiales de m-learning tienden a entregarse o distribuirse en pequeños pedazos, conocidos como objetos de aprendizaje móviles interactivos.

**Conceptos y contextos.** Comprender el ecosistema del m-learning va más allá de considerar los dispositivos y las conexiones de red inalámbrica. El m-learning se lleva a cabo dentro de un contexto que le agrega complejidad al proceso.

**Herramientas.** Se refieren a la disponibilidad de los dispositivos móviles en cuanto a recursos software que permiten hacer uso y agilizar el desempeño de m-Learning, los principales materiales son los navegadores web. La mayoría de los smartphones disponen de su browser (navegadores web). Existen browsers genéricos para móviles que funcionan en varios sistemas operativos para móviles, por ejemplo, el OperaMini. Actualmente los navegadores más usados y eficientes se han desarrollado para dispositivos móviles, se destacan el Chrome -de Google- y el Firefox –de Mozilla.

Actualmente, las aplicaciones de m-learning se caracterizan por movilidad, ubicuidad, accesibilidad, conectividad, sensibilidad al contexto e individualidad y creatividad.

#### II.1.4.4.2. MODOS DE INTERACCIÓN EN M-LEARNING

---

- Modo 1: Recuperación de información. La información es solicitada y recuperada por el usuario (dispositivo móvil).
- Modo 2: Recopilación y análisis de información. La información es recopilada por el usuario y enviada a un servidor para almacenamiento o análisis.
- Modo 3: Comunicación, interacción y colaboración en redes. Es donde m-learning permite el *aprendizaje social* que otros medios no facilitan, basándose principalmente en un aprendizaje no formal, es decir en un aprendizaje en grupo que es donde el individuo aprende el 80% del conocimiento que tiene dentro. (m-learning colaborativo, basado en el CSCL) (ver apartado 2.8).



## II.2. MARCO TECNOLÓGICO

---

### II.2.1 HERRAMIENTAS DE MODELADO.

A continuación, se describirán aquellas herramientas o conceptos de UML pertinentes a la elaboración del modelo que ayudará a la representación previa del despliegue de la red MANET. Precisamente, se hará hincapié en la herramienta de modelado denominada “diagrama de despliegue”, la misma permite la adecuada representación de todos los componentes que conforman el modelo, como también así la interconexión entre los mismos.

---

#### II.2.1.1. UML.

Con el fin de darle una orientación al trabajo hacia los sistemas de información, se procederá a ver UML. Además, se intentará darle una formalización al modelo de red planteado del trabajo, justamente, a través de la modelización de cada componente que integra la MANET.

##### II.2.1.1.1. DEFINICIÓN.

---

UML es un lenguaje con un ámbito de aplicación muy amplio que abarca un conjunto extenso y diverso de dominios de aplicación. No todas sus capacidades de modelado son necesariamente útiles en todos los dominios o aplicaciones. El objetivo de UML es proporcionar a los arquitectos de sistemas, ingenieros de software y desarrolladores de software herramientas para el análisis, diseño e implementación de sistemas de software, así como para el modelado de negocio y procesos similares. [31]

II.2.1.1.2. DIAGRAMA DE DESPLIEGUE.

El Diagrama de Despliegue es un tipo de diagrama del Lenguaje Unificado de Modelado que se utiliza para modelar la disposición física de los artefactos software en nodos (usualmente plataforma de hardware) [31].

Algunos de los usos que se les da a los diagramas de despliegue son para modelar:

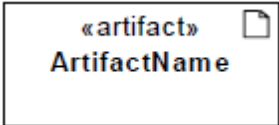
- Sistemas empotrados: son colecciones de hardware en combinación con software en interacción con el mundo físico.
- Sistemas cliente-servidor: son una particularización de los sistemas distribuidos y toman decisiones sobre la conectividad de red de los clientes a los servidores y sobre la distribución física de los componentes software del sistema a través de nodos.
- Sistemas completamente distribuidos: Incluyen varios niveles de servidores. Son sistemas que presentan un cambio continuo de la topología del sistema.

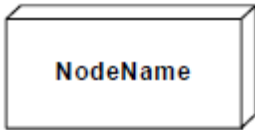
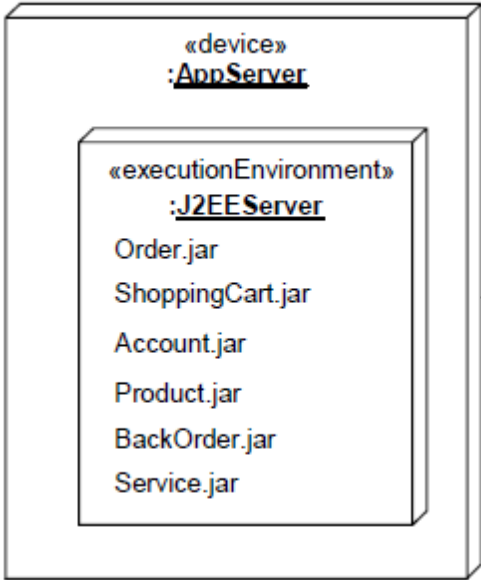
Componentes de un diagrama de despliegue


Nodos:

A continuación, se detallan los tipos de nodos utilizados en el diagrama de despliegue. Los nodos son entidades u objetos que simbolizan hardware o software, los cuales interactúan en el diagrama para representar el funcionamiento del sistema involucrado.

Tabla 2-6. Nodos de un diagrama de despliegue

Tipo de Nodo	Notación	Referencia
<p><b>Artefacto</b></p>		<p>Un artefacto es la especificación de una pieza física de la información que se utiliza o se produce por un proceso de desarrollo de software, o por el despliegue y el funcionamiento de un</p>

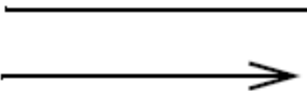
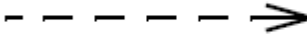
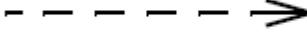
		<p>sistema. Algunos ejemplos de artefactos son: archivos de modelo, archivos fuente, scripts y archivos binarios ejecutables, una tabla en un sistema de base de datos, un entregable de desarrollo, un documento de procesamiento de texto o un mensaje de correo.</p>
<p><b>Nodo</b></p>		<p>Un nodo es un recurso computacional en la que los artefactos pueden ser desplegados para su ejecución. Los nodos pueden estar interconectados a través de vías de comunicación para definir estructuras de red.</p>
<p><b>Dispositivos</b></p>		<p>Un dispositivo es un recurso computacional físico con capacidad de procesamiento en la que los artefactos pueden ser desplegados para ejecución. Los dispositivos pueden ser complejos (es decir, que pueden consistir en otros dispositivos).</p>

<p><b>Entorno de ejecución</b></p>		<p>Un entorno de ejecución es un (software) nodo que ofrece un entorno de ejecución para determinados tipos de componentes que se despliegan sobre el mismo en forma de artefactos ejecutables. Componentes del tipo apropiado se despliegan en entornos de ejecución específicos.</p>
------------------------------------	---	--

Rutas de Comunicación

Una ruta de comunicación es una asociación entre dos destinos de implementación, a través de los cuales son capaces de intercambiar señales y mensajes.

Tabla 2-7. Rutas de comunicación entre nodos.

Tipo de Ruta	Notación	Descripción
<p><b>Asociación</b></p>		<p>Usado para modelar la ruta de comunicación entre destinos de despliegue</p>
<p><b>Dependencia</b></p>		<p>Se utiliza para modelar dependencias en general. Ej.: la relación entre un artefacto y un elemento del modelo, el despliegue de un artefacto (instancia) en un nodo (instancia).</p>
<p><b>Manifestación</b></p>		<p>La manifestación es una relación de abstracción que representa la entidad física concreta (aplicación) de uno</p>

		<p>o más elementos del modelo de un artefacto o la utilización de los elementos del modelo en la construcción o la generación del artefacto. Un artefacto manifiesta uno o más elementos del modelo [31].</p>
--	--	---

## II.2.2 APLICACIONES PARA MEDIR EL RENDIMIENTO.

A continuación, se describen brevemente las aplicaciones utilizadas para medir la latencia, throughput y consumo de energía tanto en MANET como en cliente solo.

### II.2.2.1. HTTPING.

Httping es como la función 'ping' pero para solicitudes http. Ping, como programa es: una utilidad diagnóstica en redes de computadoras que comprueba el estado de la comunicación del host local con uno o varios equipos remotos de una red IP por medio del envío de paquetes de solicitud y de respuesta ICMP. Mediante esta utilidad puede diagnosticarse el estado, velocidad y calidad de una red determinada [21].

Cuando se le da una URL al programa, se muestra cuánto tiempo toma para conectar, para enviar una solicitud y para recuperar la respuesta (sólo los encabezados). Se debe tener en cuenta que la transmisión a través de la red también lleva su tiempo. Por lo tanto, mide la latencia del servidor web + red.

Todas las medidas se pueden ver en una gráfica que puede ser compartida por diferentes medios (por ejemplo, correo electrónico). También se puede mostrar los encabezados de respuesta http y puede enviar encabezados http personalizados. Además, se puede hacer ping a direcciones URL HTTPS.

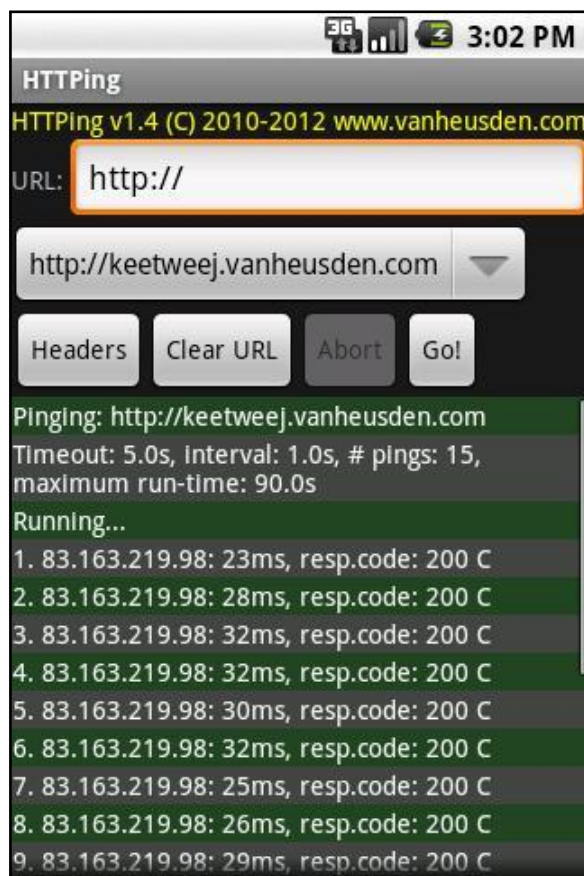


Figura 2-19. captura de Httpping.

#### II.2.2.2. PING & DNS.

- Muestra información de la red y el diagnóstico. Entre sus funciones sobresalen: ping a un servidor (tanto a través de ICMP y TCP), la búsqueda de DNS (con búsqueda geográfica de direcciones IP), la búsqueda inversa DNS, consultas WHOIS (WHOIS es un protocolo de consulta / respuesta orientado a transacciones basadas en TCP que se utiliza ampliamente para proporcionar servicios de información a los usuarios de Internet. Aunque originalmente fue utilizado para proporcionar "páginas blancas" e información acerca de los nombres de dominio registrados, en la actualidad abarca una gama mucho más amplia de servicios de información. El protocolo ofrece su contenido en un formato legible. La inspección de las cabeceras de respuesta HTTP, trazado de rutas (también con la búsqueda de direcciones IP geo), comprobación de rangos de puertos abiertos, escaneo de una serie de versiones de SSL y claves.

- Incluye widget de pantalla de inicio para los pings de larga duración.
- Servidores utilizados recientemente y direcciones IP son recordadas.
- Los resultados se pueden copiar al portapapeles, se pueden enviar por correo electrónico o almacenar en un archivo de texto o PDF. Además, se mantiene un historial de las operaciones recientes.
- Posee numerosas opciones, como el uso de un servidor de nombre alternativo, Ping TTL. El número TTL en un informe de ping es una serie confusa porque no tiene nada que ver con el tiempo. Se informa de un factor en la estructura de los paquetes IP que limita el número de saltos del paquete puede pasar antes de que se considera que es más allá del uso. Por lo tanto " tiempo de vida " en realidad significa " máximo número de enlaces. Se muestran los tiempos de ping para cada paso traceroute, Broadcast Ping, uso de HTTPS, establecimiento del número de puerto HTTP, la selección de tipos de registro DNS para consultar, etc.
- No contiene anuncios.
- ¿por qué el permiso GPS? En primer lugar, al GPS sólo se accede si la casilla "Mostrar ubicación" se encuentra en el cuadro de diálogo Opciones de ping. Esta casilla de verificación está desactivada por defecto. El seguimiento de la ubicación es útil para medir los tiempos de ping durante pings de larga duración a través de áreas grandes, como una fábrica o un campus universitario [23].

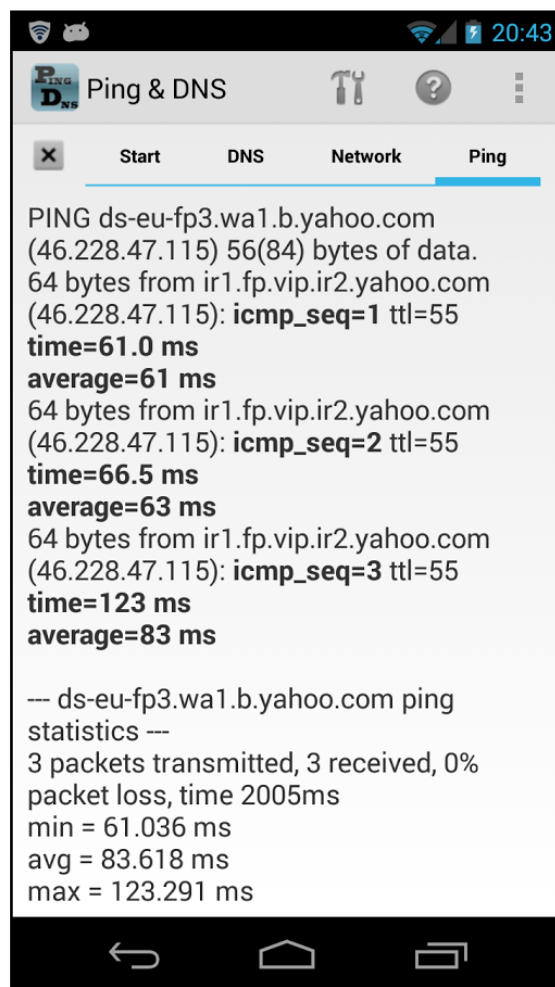


Figura 2-20. captura Ping & DNS

### II.2.2.3. POWERTUTOR.

PowerTutor es una herramienta de diagnóstico para analizar el consumo de energía del sistema y en las aplicaciones.

La aplicación se ejecuta en la mayoría de los teléfonos Android, aunque está diseñado para dar números exactos en el G1, G2, y móviles Nexus One. Se ejecuta en segundo plano y registra los datos sobre la utilización de energía para cada aplicación. La información se resume en una interfaz de usuario intuitiva [22].

La versión utilizada en este trabajo es la 1.4, que fue la última versión disponible al momento de realizar las mediciones.



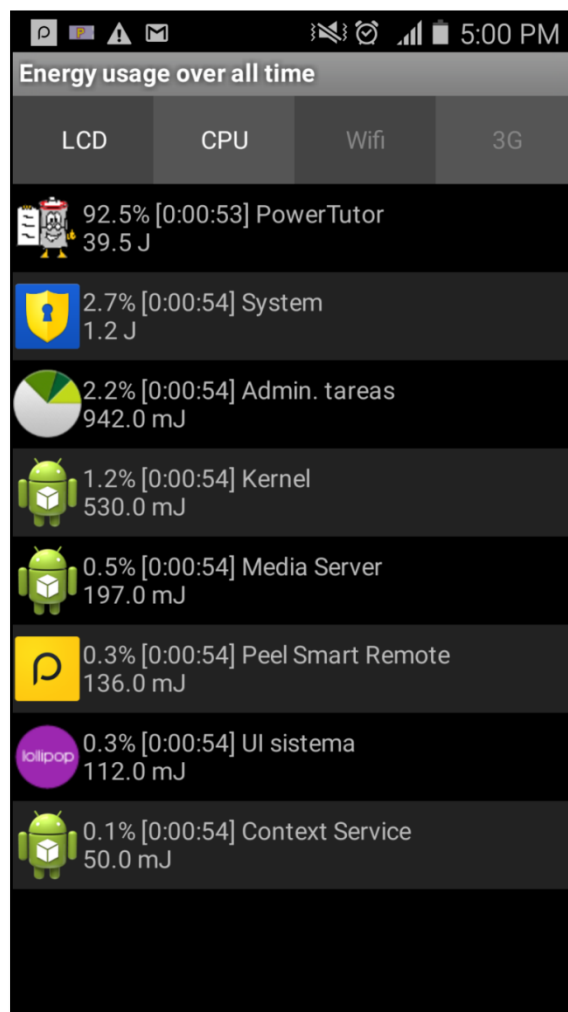


Figura 2-21. PowerTutor

El modelo de energía utilizado por Powertutor para estimar el consumo de energía de las aplicaciones y de los diferentes componentes de hardware del dispositivo móvil, se denomina “*PowerBooter*” y se describe con detalle en [25]. Este modelo se divide en dos partes: Construcción del modelo de energía y Asignación de energía a las aplicaciones.

### **Asignación de consumo (potencia/energía) a las aplicaciones**

El uso de energía se asigna a una aplicación como si esta fuera la única en ejecución. La razón de esto es que a veces, cuando dos aplicaciones se están ejecutando al mismo tiempo pueden causar que algunos de los componentes de hardware tengan una transición de estado, que no tendría lugar si solo una de las aplicaciones se estaría ejecutando. En este tipo de casos no está claro cómo asignar la utilización de energía a cada aplicación.

Por ejemplo, consideremos el caso en el que dos aplicaciones “A” y “B” requieren transmitir datos por la interfaz WiFi. Si la aplicación “A” se ejecuta sola, el dispositivo inalámbrico transmite en un estado de potencia baja (low power) y utiliza una cantidad baja de mW. Sin embargo, si “A” y “B” se ejecutan juntas el dispositivo inalámbrico pasa a un estado transmisión de potencia alta (high power) y utiliza una cantidad alta de mW, se plantea el problema de cómo dividir la potencia utilizada para transmitir entre las aplicaciones “A” y “B” de una manera razonable.

Para resolver este problema Powertutor predice y simula estados de hardware para cada aplicación, como si esta se ejecutará sola, con los estados simulados es posible calcular la cantidad de energía que cada aplicación utilizaría. En el ejemplo anterior a cada aplicación se le asignara un consumo por usar el dispositivo móvil en el estado de bajo consumo, salvo que la aplicación hubiera sido la causante de la transición al estado de transmisión de potencia alta.

### **Elección de la herramienta para medir el consumo de energía**

Para las mediciones de este trabajo de tesis se utilizó la aplicación PowerTutor, la elección de esta herramienta se fundamenta en los siguientes motivos:

La aplicación está desarrollada para el Sistema Operativo Android, según datos de [18](tabla 2-5) Android es el SO más utilizado en dispositivos móviles en la Argentina (74,6%).

La herramienta es de libre distribución y se encuentra publicada en la tienda de aplicaciones Google (*Google Play*) [22].

Powertutor está basado en *Powermeter*, un modelo de consumo de energía detallado (*fine grained*) que permite estimar el consumo en tiempo real, por aplicación y por componente de hardware.

Proporciona una salida de texto basada en archivos que contiene los resultados detallados (*logs*). Esto permite ejecutar una secuencia de pruebas en el dispositivo mientras Powertutor se ejecuta en background, una vez finalizadas las pruebas se analizan los resultados almacenados en los archivos de salida.

#### II.2.2.4. NETWORK SIGNAL INFO (INFORMACIÓN DE SEÑAL DE RED)

Proporciona información detallada sobre la red utilizada actualmente, ya sea WiFi o conexión celular.

Posee dos widgets o funcionalidades, una para red móvil- y otra para WiFi. En "Señal móvil", se pueden describir: los operadores de red, el operador SIM, el tipo de teléfono, tipo de red, la fuerza de la red en estado de datos dbm(es una unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un milivatio (mW)), actividad de datos, código de país del teléfono móvil, ID de dispositivo, la dirección IP, etc.

En "señal WiFi": el nombre (SSID), BSSID, dirección MAC, velocidad máxima de WiFi, la dirección IP, la dirección IP externa, capacidad de red, canal de red, máscara de subred, dirección de puerta de enlace IP, la dirección del servidor DHCP y direcciones DNS1 y DNS2.

---

#### II.2.3 HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DEL CONTEXTO

Para obtener la información que indique las expectativas y requerimientos de la red, se usarán diferentes técnicas ligadas al modelado de sistemas. En este contexto, se trata de un sistema informático que tiene como fin facilitar recursos educativos a los alumnos, contenidos en un servidor a través de una red ad-hoc remota. El mismo análisis se hará con la información perteneciente a los recursos disponibles, la cual se obtendrá a partir de un relevamiento total de los elementos con los que se cuenta, como por ejemplo dispositivos móviles, fuentes de energía, antenas de red celular, características de espacio físico, etc.

Por consiguiente, se considerará un estudio de factibilidad, el cual permite esbozar un análisis costo-beneficio que estable si es ventajoso o no el despliegue de la red. El mismo debe basarse en factores técnicos, económicos y operativos.

#### II.2.3.1.1. ENTREVISTAS ABIERTAS Y CERRADAS.

---

El proceso de las entrevistas cerradas consiste en que los entrevistados responden a un conjunto predefinido de preguntas. Las entrevistas abiertas son aquellas donde no hay un programa predefinido, se examinan una serie de cuestiones con los entrevistados. [46]

En otras palabras, las entrevistas cerradas corresponden a preguntas que no pueden ser modificadas por el entrevistador en el momento de la entrevista, es decir, se trata de un escenario estricto. Con las entrevistas abiertas se da el hecho de que el entrevistador tiene amplia libertad para las preguntas o para las intervenciones permitiendo toda la flexibilidad necesaria para cada caso particular. En síntesis, la entrevista abierta posibilita una investigación más amplia y profunda de la personalidad del entrevistado, mientras que la cerrada puede permitir una mejor comparación sistemática de datos.

#### II.2.3.1.2. OBSERVACIÓN DE CLASES.

---

La observación de clases consiste en lo que se llama etnografía. La misma es una técnica de observación que se puede utilizar para entender los requerimientos sociales y organizacionales. Un analista se sumerge por sí solo en el entorno laboral donde se utilizará el sistema. Observa el trabajo diario y anota las tareas reales en las que los participantes están involucrados. El valor de la etnografía es que ayuda a los analistas a descubrir los requerimientos implícitos que reflejan los procesos reales más que los formales en los que la gente está involucrada [46].

En efecto, las clases serán vigiladas por los autores de este trabajo, quienes observarán la interacción del docente con los alumnos, determinando aquella información que sea de relevancia a la hora de configurar la red y los detalles de los recursos a los cuales se accede por intermedio de la red.

### II.2.3.3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

Para comenzar a desarrollar el estudio, se deben remarcar los objetivos que persigue el análisis, que por lo general consisten en los siguientes [36]:

1. Auxiliar a una organización a lograr sus objetivos.
2. Cubrir las metas con los recursos actuales en las áreas técnica, económica y operativa.

A continuación, se hará referencia a los tópicos que componen o lo que se debería considerar por cada factor:

a) Factibilidad Técnica.

1. Mejora del sistema actual.
2. Disponibilidad de tecnología que satisfaga las necesidades.

b) Factibilidad Económica.

1. Tiempo del analista.
2. Costo de estudio.
3. Costo del tiempo del personal.
4. Costo del tiempo.
5. Costo del desarrollo / adquisición.

c) Factibilidad Operativa.

1. Operación garantizada.
2. Uso garantizado.

CAPÍTULO III. MODELO MANET-LEARN

III.1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO.

En la figura 3-1 se muestra el escenario de estudio. El círculo de la izquierda representa una red MANET desplegada en una zona rural y conformada por los dispositivos móviles propios de los alumnos. El otro círculo representa una red de infraestructura desplegada en una zona urbana donde existe un servidor m-learning, el cual almacena los recursos consultados por los alumnos remotamente desde la red MANET. Para realizar esta tarea, los dispositivos se comunican de tal forma que solo uno de ellos (Gateway) accede a internet mediante la tecnología de telefonía móvil 2G, mientras que los demás dispositivos acceden a los recursos a través de la red MANET, interconectada con Bluetooth. Este esquema permitirá aprovechar los recursos disponibles para beneficiarse de un estilo de aprendizaje moderno como lo es m-learning y crear en los jóvenes una experiencia enriquecedora en lo que respecta a las posibilidades de la tecnología.

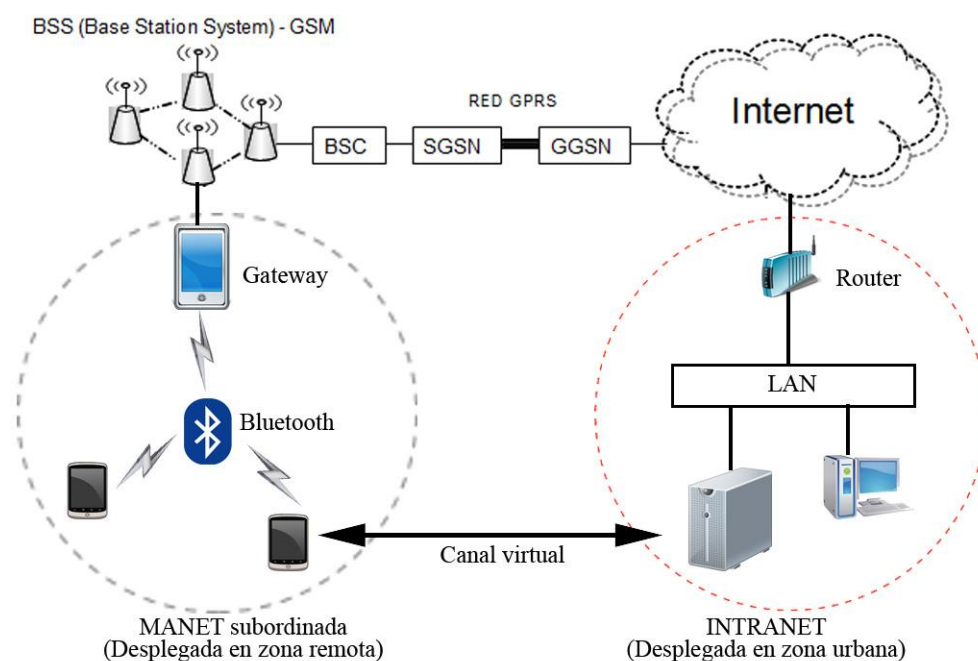


Figura 3-1: Acceso a recursos m-learning desde MANET desplegada en zona de recursos limitados

## III.2. ESTUDIO DE CONTEXTO

Para realizar el despliegue de la red MANET descrita en el modelo, se escogió como zona de estudio la escuela N°348 “Narciso Vera”, Pozo Nuevo de Departamento Pellegrini, Santiago del Estero.

En este apartado se pretende comprender la situación actual en la que se encuentra el establecimiento educativo desde el punto de vista académico y tecnológico. A partir del análisis se tratará de resaltar los beneficios que se obtienen al desplegar una red MANET (Mobile Ad-hoc Network) haciendo hincapié en la disponibilidad de recursos que agilicen y optimicen la educación. Parte de este análisis consiste en: [34]

- Identificar si el entorno es propicio o adverso para realizar el despliegue.
- Adaptarse a los riesgos.
- Evitar sorpresas del entorno.

En definitiva, lo que pretende el estudio de contexto es determinar la factibilidad del despliegue de una red móvil ad hoc en zonas de recursos limitados.

---

### III.2.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Como se trata de un sistema informático que facilita recursos educativos a los alumnos desde un servidor a través de una red Ad-Hoc, se utilizaron herramientas de modelado de sistemas. La información perteneciente a los recursos disponibles se obtuvo a partir de un relevamiento total de los elementos con los que se cuenta, como por ejemplo dispositivos móviles, fuentes de energía, antenas de red celular, características de espacio físico, etc.

III.2.1.1. LA ENTREVISTA.

En esta sección se desarrolla el proceso de obtención de información a través de la entrevista. Para el mismo se escogieron a 10 docentes con experiencia en establecimientos de zonas rurales. Las preguntas de la entrevista tienen como propósito determinar el pensamiento general que hay acerca de una posible implementación de redes MANET en tales lugares. En este apartado se analizan todas las respuestas efectuadas por los entrevistados. Dichas opiniones se expresan a favor o en contra del despliegue de la red, y esto permite la elaboración de conclusiones.

- Técnica de análisis de entrevistas: Análisis por racimo. Debido a que es un método óptimo para el estudio del contenido de la pregunta abierta y permite guardar la textualidad del discurso a lo largo del proceso.

\*Para leer entrevistas y respuestas consultar en el anexo.

1era Etapa: identificación de núcleos de referencia.

En esta etapa se identifican los núcleos de referencia relevantes al análisis, que se representan por sujetos de oraciones, incluidos en la entrevista. Éstas son las categorías bases para realizar el análisis.

Tabla 3-1. Identificación de núcleos de referencia

<b>01</b>	Informática
<b>02</b>	Docente
<b>03</b>	Alumno
<b>04</b>	Smartphone
<b>05</b>	Aplicaciones/programas
<b>06</b>	Red de computadoras/dispositivos
<b>07</b>	Material didáctico (videos, imágenes, sonidos, textos, etc.)



<b>08</b>	Infraestructura
<b>09</b>	Tecnologías / TIC
<b>10</b>	Insumos informáticos

2da etapa: localización de proposiciones.

Localización de los predicados correspondientes a los sujetos identificados en la etapa anterior. En combinación con:

3era etapa: eliminación de proposiciones.

Se procede a eliminar aquellos predicados que sean análogos entre sí (en la tabla figuran como tachados los que tienen un significado análogo).

Tabla 3-2. Localización y eliminación de proposiciones.

NR	DISCURSO DIVIDIDO EN PREPOSICIONES	PREDICADO (P)
<b>Informática</b>	La <b>informática</b> debe ser incluida en nuestras prácticas docentes puesto que es un nuevo campo disciplinar que impacta en la construcción de conocimientos y sirve herramienta para facilitar el trabajo de profesores y alumnos.	01
	La <b>informática</b> puede ser aplicada en todas las áreas de conocimientos.	02
	Tengo poca noción sobre el manejo de computadoras/ <b>informática</b> .	03
	Sé bastante de <b>informática</b> , trabajo mucho con Word, multimedia y trato de buscar un vocabulario y técnicas simples para enseñarles a los niños todo lo que es, que lo entiendan y empleen.	04

	<del>Me resultaría bueno tener una capacitación (de <b>informática</b>), nunca está de más.</del>	05
	El fin de la <b>informática</b> es que el alumno pueda expandir el horizonte de sus saberes utilizando las herramientas que le brinda su entorno. Este es un modo de lograr una inclusión significativa de la tecnología en las prácticas educativas.	06
	Me gustaría especializarme más (en <b>informática</b> ) para aprovechar al máximo todo lo que brindan estos medios y entregarles debidamente los conocimientos a mis alumnos.	07
	Sería buena la capacitación ( <b>informática</b> ) en servicio ya que es fundamental en relación al buen uso de esta herramienta tecnológica. Es necesario que la función del proceso de enseñanza esté a la par de esta innovación.	08
	En la actualidad es el mejor recurso de enseñanza ( <b>la informática</b> ), sobre todo en la primera etapa de la educación básica, ya que aporta mucho conocimiento	09
<b>Docente</b>	<del>Considero que la informática debe ser incluida en nuestras prácticas docentes puesto que es un nuevo campo disciplinar que impacta en la construcción de conocimientos y como herramienta para facilitar el trabajo de profesores/<b>docentes</b> y alumnos.</del>	10
	El material más didáctico para dar una clase son los videos, o imágenes que explican el tema a desarrollar y el <b>docente</b> puede culminar con una explicación.	11
	Es el <b>docente</b> el que debe guiar a los alumnos en el buen y adecuado uso de la tecnología.	12

	La informática le permite al <b>docente</b> desarrollar destrezas tecnológicas.	13
	No se puede apreciar el grado de superioridad o inferioridad (con respecto al alumno en cuanto al uso de la tecnología) en el <b>docente</b> ya que no cuenta con herramientas tecnológicas en la institución.	14
<b>Alumno</b>	La informática es un nuevo campo disciplinar que impacta en la construcción de conocimientos. Además es una herramienta que facilita el trabajo de profesores y <b>alumnos</b> .	15
	Considero que en algunos aspectos relacionados con la informática educativa mi nivel es superior al de los <b>alumnos</b> con los que pude realizar las primeras experiencias el año pasado y en otros soy inferior en cuanto al conocimiento de programas o juegos que los niños conocen.	16
	No considero que el hecho de estar en un nivel inferior sea impedimento para hacer uso de la tecnología en el aula ya que el aporte de los <b>alumnos</b> , sus sugerencias enriquecerían las prácticas en un aporte mutuo.	17
	<del>La emisión de videos es de mayor atractivo para los niños/<b>alumnos</b>.</del>	18
	Se podrían aplicar juegos entre dos o más niños/ <b>alumnos</b> , a través de las Netbooks.	19
	Me considero inferior a mis <b>alumnos</b> , con respecto al manejo de esta nueva tecnología.	20
	La enseñanza se beneficiaría con el despliegue de red de dispositivos móviles, como ser celulares que	21

	son los elementos que todo niño/ <b>alumno</b> dispone o cuenta en un hogar.	
	La implementación de tecnología en el aula siempre fue necesaria para poder trabajar con todos los niños/ <b>alumnos</b> desde mi área con tecnología más avanzada. Es imprescindible para mantener al <b>alumno</b> motivado y trabajando en algo novedoso.	22
	Es el docente quien debe guiar a los <b>alumnos</b> en el buen y adecuado uso de la tecnología. Ellos saben, pero nosotros debemos demostrarles que sabemos más.	23
	Cuando estamos en clase a través de la red los guío ( <b>alumnos</b> ) para que trabajen individualmente en sus PC.	24
	La tecnología servirá al <b>alumno</b> para promover el desarrollo de habilidades, como el manejo de la información, el pensamiento crítico, resolución de problemas, etc.	25
	La tecnología es mediadora de comunicación entre docentes y <b>alumnos</b> , sujeto a los objetivos que se propone el docente.	26
	El fin de una red de dispositivos es que el <b>alumno</b> pueda expandir el horizonte de sus saberes utilizando las herramientas que le brinda su entorno y así lograr una inclusión significativa de la tecnología en las prácticas educativas.	27
	El interés que se despierta en los niños/ <b>alumno</b> a través de videos, imágenes y textos sonoros permite que puedan asimilar con más facilidad un contenido.	28

	El uso de la tecnología en el aula es demandado por la sociedad y el <b>alumno</b> .	29
	La sugerencia de los <b>alumnos</b> enriquecería mucho más la práctica, puesto que partiría seguramente de una de sus inquietudes.	30
	<del>A los alumnos los videos siempre les llama un poco más la atención.</del>	31
	La implementación de la tecnología en el aula es una forma para que ellos ( <b>alumnos</b> ) conozcan mejor lo que les rodea.	32
	Me gustaría entregarles como corresponde los conocimientos de informática a mis <b>alumnos</b> .	33
	Me considero superior al <b>alumnado</b> ya que éstos carecen de la nueva tecnología.	34
	El 1er ciclo es la etapa crucial e importante de un niño/ <b>alumno</b> .	35
	Los videos, es el material más didáctico para dar una clase, porque como dije ya, los niños/ <b>alumnos</b> aprenden más rápido a través de la vista.	36
<b>Smartphone</b>	Utilizo el <b>Smartphone</b> para mensajería instantánea, como entretenimiento, para tomar fotografías y filmar.	37
	La enseñanza se beneficiaría ampliamente con la utilización de <b>dispositivos móviles</b> pues facilitaría la conexión a internet, se podrían implementar grupos en las redes sociales, se posibilitaría la mensajería instantánea para consultas en línea, etc.	38
	Uso al <b>Smartphone</b> exclusivamente para mensajes o llamadas.	39

	Poseo un <b>teléfono inteligente</b> y aprovecho al máximo sus aplicaciones, llamadas mensajes, internet, cámara fotográfica.	40
	<del>Utilizo bastante el <b>Smartphone</b>, más allá de las llamadas y mensajería; utilizo el buscador, para salir de alguna duda que surja.</del>	41
	Es muy importante el uso del <b>Smartphone</b> en zonas rurales, permite llevar información y presentar a los niños.	42
	La enseñanza se beneficiaría con el despliegue de una red de <b>teléfonos celulares</b> .	43
<b>Aplicaciones / programas</b>	Utilizo frecuentemente Word, PowerPoint, internet, elementos multimedia y el hardware de un pc.	44
	<del>Aprovecho al máximo las aplicaciones del <b>Smartphone</b>, llamadas mensajes, internet, cámara fotográfica.</del>	45
<b>Red de computadoras / dispositivos</b>	Son computadoras conectadas entre sí que por medio de dispositivos físicos les permite compartir información, recursos y también ofrecer servicios.	46
	<del>Una red de computadoras es cuando un número de éstas están conectadas a una computadora central y el docente dirige y controla el trabajo del alumnado.</del>	47
	Usaría la red como una herramienta de apoyo.	48
	Trabajo en red con las computadoras del carro virtual, con la pc del docente. Yo armé mis aulas virtuales donde figuran todos los alumnos y cuando estamos en clase a través de ella los guío para que trabajen individualmente en sus PC, siempre unidos al servidor donde cargamos los trabajos que	49

	son compartidos entre ambos turnos con debates en foros.	
	Si tengo idea, el fin es que el alumno pueda expandir el horizonte de sus saberes utilizando las herramientas que le brinda su entorno y así lograr una inclusión significativa de la tecnología en las prácticas educativas.	50
	Entiendo que es una conexión de varias computadoras entre sí, pero no sé más que eso.	51
	Resultaría beneficioso el uso de la red, ya que al estar conectadas, se podrá consultar los trabajos de los alumnos entre sí, hacer correcciones que irán aumentando el conocimiento. La utilización sería en medida que sea conveniente al tema en desarrollo.	52
	Hay una computadora central que ofrece, controla información, ejercicios para los alumnos, los cuales trabajan con las netbooks y el docente luego en el instante podrá controlar los trabajos.	53
<b>Material didáctico</b>	<del>Como material didáctico me resultó más llamativo la emisión de videos ya que al ser multi mediales son de mayor atractivo para los niños. También lo son las imágenes, canciones y por qué no los textos.</del>	54
	<del>El material más didáctico al dar una clase son los videos, o imágenes que explican el tema a dar y el docente culmina con una explicación.</del>	55
	Los videos, imágenes y textos sonoros ya que son una herramienta provechosa por la información que puedan aportar sobre un tema a tratar en clase y por	56

	el interés que se despierta en los niños ya que pueden asimilar con más facilidad un contenido.	
	<del>Creo que el material que uno utilice, tiene que estar acorde en el ciclo que uno se desempeñe</del>	57
	<del>Los videos, es el material más didáctico para dar una clase, porque como dije ya, los niños aprenden más rápido a través de la vista.</del>	58
	Según el grado donde enseñe el maestro, pienso que en primer, segundo y tercer grado lo más didáctico es un video y en los demás grados se podría implementar un texto.	59
	<del>Si estamos hablando de un primer ciclo pienso en el video, imágenes, etc. Porque son chiquitos y están relacionados con los dibujitos.</del>	60
<b>Infraestructura</b>	Actualmente nuestro establecimiento cuenta con materiales, infraestructura e insumos suficientes para implementar la tecnología en el aula.	61
	El establecimiento no cuenta con los requisitos para poder desempeñar una clase adecuada con los alumnos.	62
	Lo primordial sería que se cuente con un aula específica para la implementación de las mismas.	63
	No cuento con esos requisitos, los factores primordiales a cubrir serían los espacios físicos y estaría bueno contar con laboratorio de computación.	64
<b>Tecnologías / TIC</b>	<del>Considero necesario e importante la implementación de tecnologías en el aula</del>	65
	<del>La implementación de tecnología en el aula fue siempre un anhelo, lo estoy concretando ahora en</del>	66



	<del>este establecimiento desde el año 2012 con la incorporación del carro virtual de primaria digital.</del>	
	<del>Es el docente el que debe guiar a los alumnos en el buen y adecuado uso de la tecnología</del>	67
	Si es necesaria la incorporación de la tecnología en el aula, para fortalecer las prácticas de enseñanzas y aprendizaje del nivel.	68
	Es una era en la que la tecnología nos permite conectarnos en segundos y obtener todo tipo de información	69
	<del>Es importante la implantación de la tecnología en el aula, porque el uso de la misma es demandado por la sociedad y el alumno.</del>	70
	Considero necesaria la implementación de la tecnología en el aula para tener informados a los niños ya que éstos vienen de familias muy humildes y se les hace imposible su salida al mundo.	71
	<del>Me considero superior al alumnado ya que éstos carecen de la nueva tecnología.</del>	72
<b>Insumos informáticos</b>	Considero que la utilización de elementos que no son habituales en la práctica diaria ya es razón suficiente para desarrollar clases motivadoras y atractivas.	73
	Con el cañón uno puede proyectar películas, cuentos. También se podría aplicar juegos entre dos o más niños, a través de las Netbooks.	74
	La Institución cuenta sólo con un mínimo número de Netbooks (30) y la misma es para uso de todos los grados o sea, que nos turnamos para el uso del carro (recipiente para Netbooks).	75

Etapa 4: reconstitución del discurso.

Transcripción de los predicados usando gerundios o adjetivos para darle generalidad a los mismos.

Tabla 3-3. Reconstitución del discurso.

<b>Informática</b>	Integrándose con las prácticas docentes debido a que es un nuevo campo disciplinar que impacta en la construcción de conocimientos y como herramienta facilita el trabajo de profesores y alumnos.	01
	Multidisciplinaria.	02
	De escaso manejo (por parte de los docentes).	03
	Manifestándose con trabajo en Word, multimedia y tratando de adaptar los conocimientos para enseñarles a los niños todo lo que es.	04
		05
	Expandiendo el horizonte de los saberes del alumno utilizando las herramientas que le brinda su entorno y logrando así una inclusión significativa de la tecnología en las prácticas educativas.	06
	Especializando a los docentes para aprovechar al máximo todo lo que brindan estos medios para que ellos entreguen como es debido los conocimientos a los alumnos.	07
	Siendo fundamental capacitar a los docentes.	08
	Aportando mucho conocimiento, siendo el mejor recurso de enseñanza, sobre todo en la primera etapa de la educación básica.	09
<b>docente</b>		10

	Siendo los videos, el material más didáctico a la hora de dar una clase.	11
	Guiando a los alumnos en el buen y adecuado uso de la tecnología.	12
	Desarrollando destrezas tecnológicas a través de la informática.	13
	Teniendo una superioridad inapreciable (con respecto al alumno en informática), debido a carencia de herramientas tecnológicas.	14
<b>Alumno</b>	Recibiendo de la informática un nuevo campo disciplinar, que impacta en la construcción de conocimientos y que facilita el trabajo.	15
	Siendo inferior el nivel informático con respecto al nivel de los docentes a través de experiencias, y superando en cuanto al conocimiento de programas o juegos.	16
	Estando en un nivel inferior informático no es impedimento para hacer uso de la tecnología en el aula ya que el aporte de los <b>alumnos</b> , sus sugerencias enriquecerían las prácticas en un aporte mutuo.	17
		18
	Interactuando con su par, aplicando juegos, a través de las netbooks.	19
	Superando a los docentes, informáticamente hablando.	20
	Disponiendo de Smartphone para poder hacer uso del despliegue de una red, lo cual beneficiaría a la enseñanza.	21

Trabajando y siendo motivado a través de la implementación de la tecnología en el aula para poder trabajar con todos sus compañeros desde determinadas áreas con tecnologías más avanzadas	22
Siendo guiados por los docentes en el buen y adecuado uso de la tecnología, con la premisa de que éstos saben más acerca del tema.	23
Siendo guiado para trabajar individualmente en las netbooks.	24
Siendo servidos por la tecnología para promover el desarrollo de habilidades, como el manejo de la información, el pensamiento crítico, resolución de problemas, etc.	25
Siendo mediado por parte de la tecnología para comunicarse con los docentes, sujeto a los objetivos que se propone el docente.	26
Expandiendo el horizonte de sus saberes a través de una red de dispositivos, utilizando las herramientas que le brinda su entorno, logrando una inclusión significativa de la tecnología en las prácticas educativas.	27
Asimilando con más facilidad un contenido a través de videos, imágenes y textos sonoros.	28
Demandando la tecnología en el aula.	29
Aportando al enriquecimiento con sugerencias provocadas por inquietudes.	30
	31
Conociendo más sobre lo que los rodea a través de la implementación de la tecnología en el aula.	32
Recibiendo conocimientos de informática.	33

	Siendo superado en relación a carencia de nuevas tecnologías por parte de los docentes.	34
	Siendo su 1er ciclo en la escuela la etapa crucial e importante.	35
	Aprendiendo más rápido a través de la vista, mediante videos, que es considerado por el docente como el material didáctico por excelencia.	36
<b>Smartphone</b>	Sirviendo en mensajería instantánea, como entretenimiento, para tomar fotografías y filmar, etc.	37
	Beneficiando ampliamente la enseñanza con el acceso a Internet, implementación de grupos en las redes sociales, posibilidad de mensajería instantánea para consultas en línea, etc.	38
		39
		40
		41
	Beneficiando a zonas rurales, en llevar y presentar información a los niños.	42
	Beneficiando a la enseñanza en conjunto (red de dispositivos).	43
<b>Programas</b>	Manifestándose frecuentemente en el uso de Word, PowerPoint, internet, elementos multimedia y el hardware de un pc.	44
		45
<b>Red de computadoras / dispositivos</b>	Siendo computadoras conectadas entre por medio de dispositivos físicos con el fin de compartir información, recursos y también ofrecer servicios.	46
		47
	Siendo usada como una herramienta de apoyo.	48

	Siendo implementada con el carro virtual, a través del armado de aulas virtuales donde figuran todos los alumnos y posterior guía para que ellos trabajen individualmente en sus PC, siempre unidos al servidor donde se cargan los trabajos que son compartidos entre ambos turnos con debates en foros.	49
	Expandiendo el horizonte de los saberes del alumno utilizando las herramientas que le brinda su entorno, logrando una inclusión significativa de la tecnología en las prácticas educativas.	50
	Siendo una conexión de varias computadoras entre sí	51
	Estando en funcionamiento se podrá consultar los trabajos de los alumnos entre sí, hacer correcciones que irán aumentando el conocimiento. La utilización sería en medida que sea conveniente al tema en desarrollo.	52
	Resultando ser una computadora central que ofrece, controla información, ejercicios para los alumnos, los cuales trabajan con las netbooks y el docente luego en el instante podrá controlar los trabajos.	53
<b>Material didáctico</b>		54
		55
	Siendo los videos, imágenes y textos sonoros herramientas provechosas por la información que puedan aportar sobre un tema a tratar en clase y por el interés que se despierta en los niños ya que pueden asimilar con más facilidad un contenido.	56
		57
		58

	Siendo en primer, segundo y tercer grado lo más didáctico un video y en los demás grados, pudiéndose implementar un texto.	59
		60
<b>Infraestructura</b>	Siendo insuficiente para implementar la tecnología en el aula.	61
	Careciendo de requisitos para poder desempeñar una clase adecuada con los alumnos.	62
	Deseando contar con un aula específica para la implementación de la tecnología.	63
	Careciendo de requisitos y de los factores primordiales a cubrir en espacios físicos no contando con laboratorio de computación.	64
<b>Tecnologías / TIC</b>		65
		66
		67
	Necesitando incorporarse en el aula, para fortalecer las prácticas de enseñanzas y aprendizaje del nivel.	68
	Permitiendo conectar a las personas en segundos y obtener todo tipo de información	69
		70
	Considerando necesaria su implementación en el aula para tener informados a los niños ya que éstos vienen de familias muy humildes y se les hace imposible su salida al mundo.	71
		72
<b>Insumos informáticos</b>	Siendo motivadores y atractivos por el sólo hecho de que no son habituales en la práctica diaria	73

	Empleándose por ejemplo con el cañón, dónde uno puede proyectar películas, cuentos. También aplicando juegos entre dos o más niños, a través de las Netbooks.	74
	Contando con un mínimo número de Netbooks (30), las cuales son para ser utilizadas en todos los grados o sea, hay que turnarse para el uso del carro (recipiente para Netbooks).	75

Etapa 5: Interpretación del contenido.

En esta etapa se elaboran conclusiones en modo de gráficos y tablas, con respecto a lo planteado en las etapas anteriores.

➤ Síntesis de opiniones.

Tabla 3-4. Síntesis de opiniones

ASPECTO	¿QUÉ PIENSA EL DOCENTE AL RESPECTO?
<b>Informática</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacta en la construcción del conocimiento.</li> <li>• Facilita el trabajo de docentes y alumnos</li> <li>• Multidisciplinaria</li> <li>• Expande el horizonte de los saberes del alumno.</li> <li>• Es el mejor recurso de la enseñanza.</li> </ul>
<b>Alumno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es superior ni inferior en el aspecto informático.</li> <li>• Se mantiene motivado y trabajando a través de la implementación tecnológica en el aula.</li> <li>• Es estimulado a través de videos, imágenes y textos sonoros.</li> <li>• Demanda tecnología.</li> <li>• Sugiere a partir de sus inquietudes.</li> </ul>
<b>Smartphone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sirve para mensajería instantánea, entretenimiento, fotografías y filmaciones.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita la conexión a internet.</li> <li>• Lleva información a zonas rurales y la presenta a los alumnos.</li> </ul>
<b>Infraestructura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suficiente para la implementación de tecnología</li> <li>• No cuenta con los requisitos para desempeñar una clase a base de tecnología.</li> <li>• No cuenta con un laboratorio de computación.</li> </ul>
<b>Tecnologías / TIC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalece las prácticas de enseñanzas y aprendizaje del nivel.</li> <li>• Permite conectar a la gente en segundos y obtener todo tipo de información.</li> <li>• Mantiene informados a los alumnos.</li> </ul>

➤ Análisis estadístico a través de gráficos.

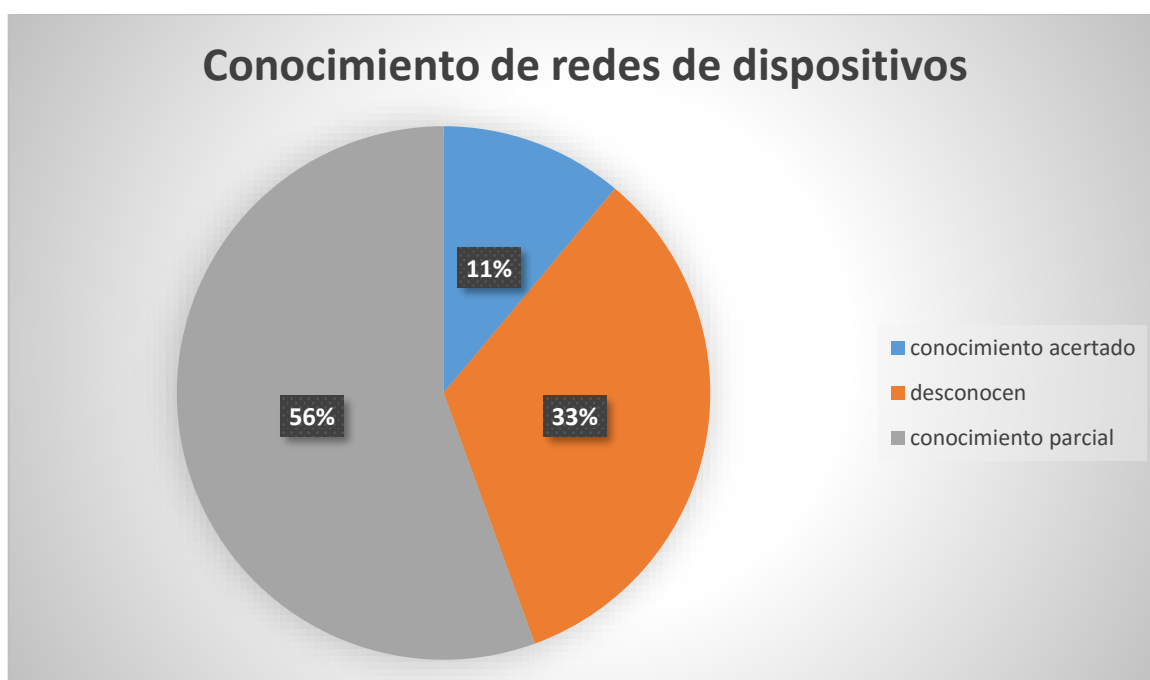


Figura 3-2: Conocimiento de redes de dispositivos

- Conocimiento acertado: entendiéndose por acertado a la información concreta que se maneja de acuerdo a un nivel conceptual, es decir, la posesión de un conocimiento que se asemeja a un nivel informático.
- Conocimiento parcial: se refiere a aquel conocimiento que difiere en mínimos detalles, pero la idea esencial de lo que es una red se mantiene. Por ejemplo: “Una red de dispositivos es una computadora central (nodo maestro, Gateway o Router) que distribuye información a las otras (terminales o nodos esclavos)”.
- Desconocen: NS/NC.

Observaciones

Se observó que la mayoría de los docentes tienen un conocimiento parcial de lo que es una red de dispositivos, llegando a un porcentaje del 56%. Esto posiblemente se manifiesta debido a la reciente implementación de Netbooks como soporte para el aprendizaje en las escuelas rurales/técnicas, como plan de mejora aportado por el gobierno nacional. En efecto, la idea de la implementación en clase de estas computadoras es el trabajo cooperativo, el cual se da mediante la interconexión de dichas Netbooks. Lamentablemente, no hay una capacitación total acerca del uso de la red, por lo cual se maneja un concepto pobre de la misma.

En un pequeño porcentaje se identifica el conocimiento certero (11%). Mientras que un 33% desconoce, posiblemente por falta de interés o porque nunca estuvo en contacto con esta tecnología. Es necesario recordar que no todas las escuelas están provistas del plan de mejora de Netbooks del gobierno nacional.

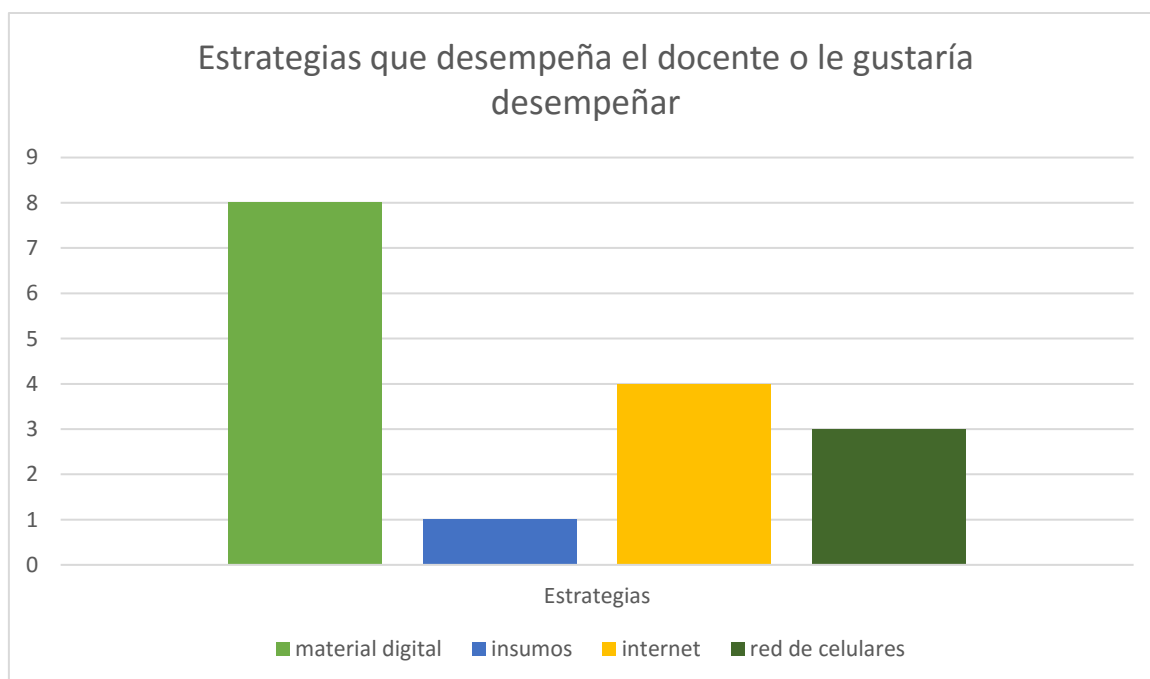


Figura 3-3: Estrategias que desempeña el docente o le gustaría desempeñar

- Material digital: videos, imágenes, textos, sonidos, imágenes animadas, etc.
- Insumos: uso de distintos tipos de hardware para una clase, por ejemplo: proyector, parlantes, etc.

- Internet: se refiere a cualquier uso que se le pueda dar a Internet: bajadas, subidas, uso de redes sociales, blogs, etc.
- Red de celulares: Quienes implementan la red celular como soporte de una clase.

### Observaciones

En el gráfico se observa que la estrategia predilecta por parte de los docentes está en el uso de material digital, por lo general de forma individual en cada computadora o dispositivo. Entre todos los materiales que se nombraron, los videos fueron los más destacados debido a que ellos consideran que es lo más interactivo y que además llama la atención de los chicos de mejor manera que un documento de texto por ejemplo. Probablemente, al no conocer los beneficios que brinda una red, el docente desconoce del tipo de explotación interactiva que tendría el uso distribuido de estos materiales digitales.

En cuanto al uso de internet, se observa que es la segunda estrategia preferida de los docentes. La mayoría asoció la palabra Internet cuando se les preguntaba sobre usos de Smartphone. Es válido pensar de tal forma, puesto que gran parte de las aplicaciones de un dispositivo móvil funcionan a base de Internet. Sin embargo, para los fines de este trabajo, se trata de concientizar a los docentes que no necesariamente el celular del alumno tiene que estar conectado a la web para poder recibir material educativo (el material se comparte a través de la red MANET, el cual es descargado previamente por el nodo Gateway).

En realidad, de los que optaron por la red de dispositivos como estrategia, sólo la mitad hace un uso real de ésta en una clase. Como se mencionaba, algunos docentes están familiarizados en la práctica con el uso de red gracias al plan de mejora “Conectar Igualdad”. La otra mitad sugirió, como deseo, poder trabajar con una red de dispositivos debido a que los beneficios se pueden percibir de forma directa.

---

#### III.2.1.2. OBSERVACIÓN DE CLASES.

Las observaciones se hicieron a modo de ejemplo en el Colegio Agrotécnico N° 4 de la localidad de San Pedro de Guasayán, con la colaboración de la asistente pedagógica de dicha institución. El establecimiento se encuentra ubicado en una zona aledaña de la

provincia de Santiago del Estero (al suroeste de dicha provincia, al límite con Catamarca y Tucumán) alejada de la zona urbana, por lo que se trata de un escenario con condiciones análogas a las establecidas como premisas de este trabajo (zona de recursos limitados).

Se procedió a observar la interacción del docente con los alumnos, determinando aquella información que sea de relevancia a la hora de configurar la red y los detalles de los recursos a los cuales se acceden por intermedio de la red.

Para empezar, se enlistó una serie de aspectos en los cuales el docente podría tener una cierta falencia o debilidad a la hora de dar cátedra. Luego de esto se continuó con la elaboración de un cuadro comparativo con las debilidades que se observaron en cada aspecto y las ventajas que podría otorgarles a los profesores la implementación de tecnología en el aula.

Aspectos catedráticos:

- a) Organización de la clase.
- b) Dinámica de la clase.
- c) Desarrollo de la clase.
- d) Métodos y técnicas.
- e) Recursos.
- f) Evaluación.
- g) Bibliografía.
- h) Cierre de la clase.
- i) Desempeño del docente.

Tabla 3-5. Observación de clases

	<b>DEBILIDADES OBSERVADAS</b>	<b>PROPUESTA SUPERADORA: IMPLEMENTACIÓN DE RED DE DISPOSITIVOS COMO APOYO CATEDRÁTICO.</b>
<b>A)</b>	Ausencia de recuperación de saberes previos.	Mediante herramientas del Smartphone que cumple la función de Gateway, el

		<p>docente puede recuperar material o seguir la pista de clases anteriores a través del caché Web. En efecto, el browser del dispositivo maneja un historial de sitios visitados y material descargado. También es posible hacer uso de otras funcionalidades como, por ejemplo: las carpetas del historial de intercambios Bluetooth, las notas de texto para guardar aspectos de una clase, logs de aplicaciones, imágenes, videos (obtenidas gracias a la cámara del dispositivo) y sonidos grabados de una clase, etc.</p>
	<p>Muchas clases carecen de actividades que generen procesos de investigación de los alumnos.</p>	<p>Mediante el uso de tecnología (en este caso de dispositivos móviles con sus respectivas aplicaciones), acompañada de la adecuada gestión del docente hacia la misma para tener el control de la clase, siempre el alumno estará motivado a emprender cualquier cosa (lo innovador siempre llama la atención).</p>
<b>B)</b>	<p>Disposición del docente para dinamizar la clase, promoviendo el interés de alumnos a partir de la utilización. Motivaciones necesarias.</p>	<p>Esta disposición se vería claramente potenciada por lo dicho en la fila anterior.</p>
<b>C)</b>	<p>Pertinencia de las estrategias para enseñar el tema.</p>	<p>Toma un rol secundario, sirve como apoyo para las estrategias.</p>

	<p>Recursos utilizados en el desarrollo de la clase (generalmente las clases se remiten al método tradicional de exposición o dictado haciendo rutinarias y aburridas a las mismas y dejando de lado la producción individual o grupal )</p>	<p>La implementación de una red de dispositivos como herramienta de apoyo para una clase implícitamente implica un cambio en la forma de interactuar con los chicos, modificando estrategias vigentes y rutinarias. Un nuevo paradigma en cuanto a la interactividad docente-alumno se deslumbra, por lo tanto, se da un cambio significativo pero necesario por la era tecnológica en la cual vivimos.</p>
	<p>Actividades propuestas por el docente (generalmente se circunscriben al desarrollo de guías o al copiado de textos, dejando de lado la innovación)</p>	<p>Actividades mejoradas e interactivas.</p>
<p><b>D) &amp; E)</b></p>	<p>Necesidad urgente de utilizar métodos y técnicas variadas aprovechando de más los recursos tecnológicos con los que cuenta el colegio.</p>	<p>En algunas de las escuelas ya cuentan con insumos tecnológicos que involucran el uso de una red. Muchas veces, para hacer un uso óptimo de estos recursos es necesario capacitar a alumnos y docentes. Para el uso de una red de teléfonos celulares, la capacitación no es tan engorrosa puesto que se trata de dispositivos que el alumno y el docente manejan cotidianamente. El uso de una MANET como herramienta de soporte puede ser el puntapié inicial para el desarrollo de clases con los demás recursos que posee la escuela.</p>

<b>F)</b>	No perder de vista la evaluación procesal que permite hacer ajustes necesarios en el proceso.	Los resultados al trabajar con una red son casi inmediatos, por lo cual el docente puede hacer una evaluación incremental sobre los beneficios de la misma.
<b>G)</b>	Se requiere la actualización urgente y necesaria del material bibliográfico.	A través de la conexión del celular del docente (nodo Gateway) a internet (a través de GPRS), es posible obtener material de un servidor remoto, el cual siempre es constantemente actualizado y mantenido por los responsables de dichas actividades.
<b>H)</b>	Se sugieren realizar la verificación de logros alcanzados por los alumnos a partir de actividades de cierre	A través de preguntas simples consultar a los alumnos la valoración que le dan a la clase. Ejemplo: escala malo, bueno, muy bueno.

### III.2.1.3 RELEVAMIENTO DE TECNOLOGÍA DISPONIBLE.

En este apartado se hace referencia en las tecnologías existentes en zonas de recursos limitados, detallando tanto infraestructura como dispositivos disponibles. Dicha información se obtuvo como resultado del trabajo que se llevó a cabo en el artículo “M-LEARNING EN ZONAS DE RECURSOS LIMITADOS”, donde se pudo recolectar información de los dispositivos móviles, entre otras cosas.

Se describen componentes de forma particular, teniendo en cuenta la visita efectuada al depto. Pellegrini con fines académicos.

#### Paneles Solares

El sistema de paneles solares que se encuentra instalado en la escuela N°348 “Narciso Vera”, Pozo Nuevo del Dpto. Pellegrini permite el abastecimiento de energía tanto para la

iluminación de las aulas como así también el funcionamiento de una heladera, por lo tanto, es evidente que esta clase de panel resultaría útil para la carga de los teléfonos de la totalidad de los alumnos (aproximadamente 18 teléfonos) antes de ejecutar las prácticas.

En la figura 3-4 se aprecia los paneles solares que se encuentran instalados en la escuela los mismos se encuentran sin funcionar debido a problemas técnicos.



Figura 3-4. Paneles Solares

Debido a que no se cuenta con información oficial de los costos del panel solar, se deduce el costo aproximado del mismo mediante la comparación de productos similares. Obteniendo los siguientes datos: [45][29]

- Costo aproximado del producto con instalación: \$45000 (fecha de consulta julio de 2015)
- Descripción: SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDA RURAL
- Kit: ILUMINACION BASICO HELADERA CLASE A o B (+45.000,00 ARS)

Telefonía celular disponible en la zona



En la figura 3-5 se puede observar la intensidad de la señal que ofrece la tecnología celular en la provincia de Santiago del Estero y sus alrededores. En la esquina superior derecha del gráfico nos informa que los colores amarillo-rojizos indican una señal fuerte mientras que una tonalidad verde-azulada indican una señal débil, por lo tanto, el gráfico nos muestra que la mejor señal de telefonía se encuentra en las principales ciudades de la provincia: Santiago del Estero, La Banda y las Termas de Rio Hondo, mientras que en el resto, la conectividad es escasa. Por otro lado, la fuente consultada indica que estas estadísticas están medidas en base a las aplicaciones que fueron instaladas en los teléfonos de los usuarios, mediante la instalación de la aplicación móvil, que ofrece el proyecto, el mapa se actualiza para reflejar la conectividad que posee a su alrededor el usuario por ende este gráfico solo es estimativo de la realidad.

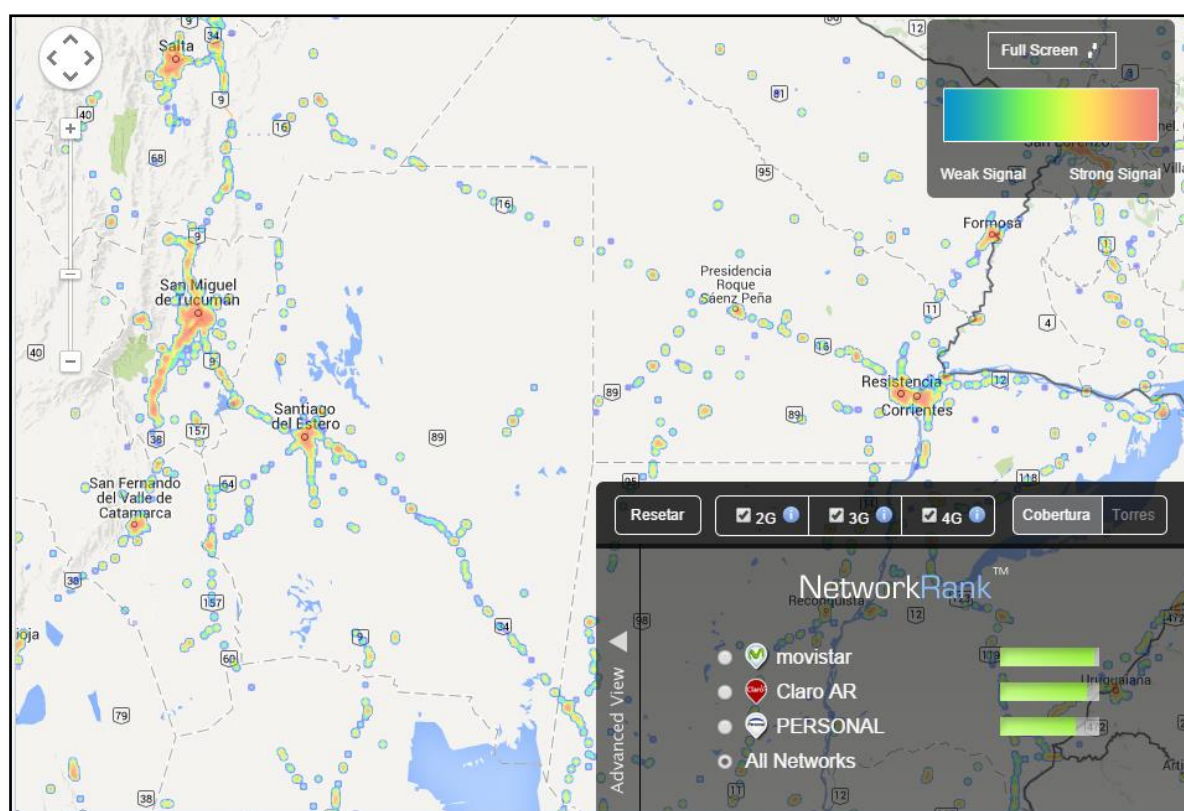


Figura 3-5. Cobertura de red Celular [32]

Dispositivos tecnológicos

“En cuanto a la experiencia de m-learning en la escuela, como se mencionó anteriormente, se desarrolló en el área Matemática para 8° año, con 16 alumnos de ambos sexos, cuyas edades variaban entre 11 y 16 años. De un total de 14 alumnos del curso, 7 poseían teléfonos móviles sencillos (Nokia C2 y Samsung Chat), todos con Bluetooth; y sólo uno de alta gama (Samsung Galaxy Y).”

A continuación, se especifican las características técnicas de los teléfonos anteriormente mencionados.

Tabla 3-6. Características dispositivo móvil (1)

	<b>NOKIA C2-00 [4]</b>	
<b>GENERAL</b>	Red	GSM 900 / 1800 - SIM 1
		GSM 900 / 1800 - SIM 2
<b>TAMAÑO</b>	Dimensiones	108 x 45 x 14.7 mm, 67.9 cc
	Peso	74 g
<b>DISPLAY</b>	Tipo	TFT, 65K colores
	Tamaño	128 x 160 pixels, 1.8 pulgadas
<b>MEMORIA</b>	Slot de tarjeta	microSD, hasta 32GB
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	GPRS	Clase 12 (4+1/3+2/2+3/1+4 slots)
	Velocidad de datos	32 - 48 kbps
	Mensajería	SMS, MMS, Email, IM
	Navegador	WAP 2.0/xHTML
	Puerto infrarrojo	No
	Cámara	VGA, 640x480 pixels
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- SIM Dual (standby simultáneo)</li> <li>- Bluetooth v2.0</li> <li>- microUSB 2.0</li> <li>- Ranura externa hot-swap para SIM secundaria</li> <li>- Reproductor de audio MP3/WAV/AAC+</li> <li>- Radio FM Stereo;</li> </ul>

		grabación FM - Organizador - Memo de voz - Manoslibres incorporado - Java MIDP 2.0 - T9
<b>BATERÍA</b>		Standard, Li-Ion 1020 (BL-5C)
	Stand-by	Hasta 396 h
	Tiempo de conversación	Hasta 4 h

Tabla 3-7. Características dispositivo móvil (2)

	<b>SAMSUNG GALAXY CHAT [5]</b>	
<b>GENERAL</b>	Red	GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 - HSDPA 900 / 2100
<b>TAMAÑO</b>	Dimensiones	118.9 x 59.3 x 11.7 mm
	Peso	112 g
<b>DISPLAY</b>	Tipo	TFT touchscreen capacitivo, 256K colores
<b>TAMAÑO</b>		240 x 320 pixels, 3.0 pulgadas
		- Teclado QWERTY - Sensor acelerómetro para auto rotación - Sensor de proximidad para auto apagado - Soporte multitouch - TouchWiz UI
<b>MEMORIA</b>	Agenda telefónica	Entradas y campos prácticamente ilimitados, Foto de llamada
	Slot de tarjeta	microSD hasta 32GB
		- 4GB memoria interna
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	GPRS	Si
	Velocidad de datos	
	OS	Android OS, v4.0 Ice Cream Sandwich

	Mensajería	SMS, MMS, Email, Push Mail, IM, RSS
	Navegador	HTML
	Puerto infrarrojo	No
	Cámara	2 MP, 1600x1200 pixels, geo-tagging, video
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- GPS con soporte A-GPS</li> <li>- Brújula digital</li> <li>- EDGE</li> <li>- 3G HSDPA</li> <li>- Wi-Fi 802.11 b/g/n</li> <li>- Bluetooth v3.0 A2DP</li> <li>- microUSB 2.0</li> <li>- Integración con redes sociales</li> <li>- Integración Google Search, Maps, Gmail, YouTube, Google Talk, Picasa</li> <li>- Reproductor de audio MP3/WAV/eAAC+</li> <li>- Reproductor de video MP4/WMV/H.264</li> <li>- Radio FM Stereo con RDS</li> <li>- Organizador</li> <li>- Editor de imagen y video</li> <li>- Editor de documentos</li> <li>- Memo/discado de voz</li> <li>- Manoslibres incorporado</li> <li>- Ingreso predictivo de texto</li> </ul>

Tabla 3-8. Características dispositivo móvil (3)

<b>SAMSUNG GALAXY Y [6]</b>		
<b>GENERAL</b>	Red	GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 - HSDPA 900 / 2100
<b>TAMAÑO</b>	Dimensiones	104 x 58 x 11.5 mm
	Peso	97.5 g
<b>DISPLAY</b>	Tipo	TFT touchscreen capacitivo, 256K colores

	Tamaño	240 x 320 pixels, 3.0 pulgadas
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	GPRS	Si
	OS	Android OS, v2.3 Gingerbread
	Mensajería	SMS, MMS, Email, Push Email, IM
	Navegador	WAP 2.0/xHTML, HTML
	Puerto infrarrojo	No
	Cámara	2 MP, 1600x1200 pixels, geo-tagging, video QVGA@15fps
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- GPS con soporte A-GPS</li> <li>- Brújula digital</li> <li>- EDGE</li> <li>- 3G HSDPA 7.2Mbps</li> <li>- Wi-Fi 802.11 b/g/n</li> <li>- Bluetooth v3.0 + HS</li> <li>- microUSB 2.0</li> <li>- Integración con redes sociales</li> <li>- Integración Google Search, Maps, Gmail, YouTube, Google Talk, Picasa</li> <li>- Reproductor de audio MP3/WAV/eAAC+/OGG</li> <li>- Reproductor de video MP4/WMV/H.264/H.263</li> <li>- Radio FM Stereo con RDS</li> <li>- Organizador</li> <li>- Editor de imagen y video</li> <li>- Editor de documentos QuickOffice (Word, Excel, PowerPoint, PDF)</li> <li>- Memo de voz</li> <li>- Manoslibres incorporado</li> <li>- Java MIDP 2.1</li> <li>- Teclado virtual Swype</li> <li>- Ingreso predictivo de texto</li> </ul>
<b>BATERÍA</b>		Standard, Li-Ion 1200 mAh
	Stand-by	Hasta 350 h
	Tiempo de conversación	Hasta 5 h

Tabla 3-9. Características dispositivo móvil (3)

	<b>SAMSUNG CHAT 527 S5270</b>	
<b>GENERAL</b>	RED	GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 - HSDPA 850 / 2100
<b>TAMAÑO</b>	<u>Dimensiones</u>	103 x 55 x 12 mm
	<u>Peso</u>	96 g
<b>DISPLAY</b>	<u>Tipo</u>	TFT, 56K colores
	<u>Tamaño</u>	320 x 240 pixels, 2.4 pulgadas
		- Teclado QWERTY - Trackpad óptico
<b>CARACTERISTICAS</b>	<u>GPRS</u>	Si
	<u>Velocidad de datos</u>	
	<u>Mensajería</u>	SMS, MMS, Email, IM
	<u>Navegador</u>	WAP 2.0/xHTML, HTML
	<u>Puerto infrarrojo</u>	No
	<u>Cámara</u>	2 MP, 1600x1200 pixels, geo-tagging, video
		- GPS con soporte A-GPS - Brújula digital - EDGE - 3G HSDPA / HSUPA - Wi-Fi 802.11 b/g/n - Bluetooth v2.1 A2DP - microUSB 2.0 - Integración con redes sociales - Reproductor de video MP4/H.264 - Reproductor de audio MP3/eAAC+ - Radio FM Stereo con RDS - Organizador - Java MIDP 2.1 - Memo de voz - Manoslibres incorporado - Ingreso predictivo de texto
		Standard, Li-Ion 1000 mAh
	<u>Stand-by</u>	Hasta 288 h

	Tiempo de conversación	Hasta 3 h
--	------------------------	-----------

### III.2.2. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

En esta etapa se realiza un Análisis de Viabilidad, el mismo consiste en una serie de parámetros que serán analizados para determinar si es posible o no dicho desplegar una red MANET en zonas de recursos limitados. A través del análisis a las opiniones de los protagonistas, de la observación en las formas en las que se dan las clases y del relevamiento de la tecnología disponible en la zona, se determinarán los recursos faltantes y disponibles para el armado de la red.

Antes de definir los requerimientos que se atribuirían al posible despliegue de una red, se necesita determinar la viabilidad del mismo. Es decir, lo que se debe realizar es un estudio de factibilidad que permita efectuar un análisis costo-beneficio, el cual establecería si es ventajoso el despliegue de la red. El mismo se basaría en factores técnicos, económicos y operativos.

#### III.2.2.1. COMPONENTES PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

En esta sección se identifican una serie de etapas que hacen al estudio de factibilidad en esencia, se definen los componentes que sirven para comprender mejor la viabilidad de un sistema, los mismos son:

- Reconocimiento general del sistema.
- Recursos requeridos.
- Usuarios del sistema.
- Beneficios esperados.
- Costos.
- Análisis de alternativas de implementación.

- Análisis de factibilidad del sistema.

Se resumen a continuación estos ítems:

Tabla 3-10. Reconocimiento general del sistema

<b>Ubicación</b>	<b>Zonas de recursos limitados. Preferentemente entes educativos.</b>
<b>Objetivo</b>	Brindar una forma de conexión a internet que permita el acceso a recursos virtuales a través de la conformación de una red MANET.
<b>Delimitaciones</b>	Ver requerimientos
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitalización de la información</li> <li>• Agilización de clases</li> <li>• Soporte académico</li> </ul>
<b>Restricciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajos recursos en la zona</li> <li>• Escasa infraestructura</li> <li>• Conformación con insumos existentes, es decir, no se invierte en material adicional</li> </ul>

Tabla 3-11. Recursos requeridos

<b>Recurso</b>		<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
<i>Talento humano</i>	Moderador de red	Docente	Beneficio propio
	Cliente de red	Alumno	Beneficio propio
<i>Recursos técnicos</i>	Dispositivo celular de alta gama	Celular que cumple rol de maestro en la MANET, del cual dispone el docente	Nulo. Propiedad del docente



	Dispositivo celular de media gama	Celular que cumple rol de esclavo en la MANET, del cual dispone el alumno	Nulo. Propiedad del alumno
<i>Otros recursos</i>	Conexión a Internet	Servicio 2G	Depende de la tarifa de la empresa prestadora del servicio
	Despliegue de red	Conexión Bluetooth	Sin costo alguno

### Usuarios del Sistema

Como usuario primario se puede distinguir al docente, que dispone del dispositivo maestro, ya que es quién gestiona la red y permite que dispositivos se unan a la misma y, además, brinda internet a la MANET. Por otro lado, teniendo en cuenta el uso de la aplicación [referencia a la app en la tesis], es quien define los cuestionarios y modera los mismos a través de las respuestas correctas.

Como usuarios secundarios se identifican los alumnos, puesto que ellos disponen de los dispositivos que cumplen el rol de esclavos en la red. Brindan, indirectamente, información importante a través del uso de la red, por ejemplo, con la experiencia en el uso de la aplicación “Aprendiendo”.

### Beneficios Esperados

El beneficio tangible puede sintetizarse en la reducción en el uso de materiales escolares (cuadernos y lápices), aumento de recursos académicos (en el acceso a la web), incremento de espacios curriculares (en lo respectivo a la tecnología), etc.

El intangible se manifiesta fundamentalmente en la mejora académica en general, es decir, la tecnología agiliza los procesos educativos, es por ello que el despliegue de una red cuenta como respaldo para las clases.

## Costos

Como se dijo anteriormente, los costos son prácticamente nulos, ya que se trabaja con material existente, en escuela y por parte de los usuarios. El gasto en el acceso a internet podría costearse con presupuesto escolar.

## Análisis de alternativas de implementación

Siendo que, como se dijo antes, el despliegue de una red MANET se considera como apoyo del sistema de enseñanza, podría decirse que es una mejora sustancial del mismo. Sin embargo, si se replantea la idea de que es un sistema dentro de otro, sin dependencias algunas, puede decirse que es un sistema autónomo, cuya finalidad es única. Por lo tanto, es descartable la idea de que es una mejora directa. Como ocurre en una empresa: al mejorar un sistema de gestión de un determinado departamento, posiblemente genere la mejora indirecta en algún departamento paralelo o en la empresa misma.

## Análisis de factibilidad del sistema

Para comenzar se deben remarcar los objetivos que persigue un análisis o estudio de factibilidad, que por lo general consisten en los siguientes:

- 3. Auxiliar a una organización a lograr sus objetivos.** En este caso, el objetivo que se persigue a través del uso o despliegue de la red, es de facilitar o agilizar el acceso a material que permita optimizar el aprendizaje.
- 4. Cubrir las metas con los recursos actuales en las áreas técnica, económica y operativa.** A través de los materiales existentes, cuya existencia se establece por su bajo costo y disponibilidad en la zona, se pretende fundamentar el despliegue de la red MANET a través de aspectos concernientes a lo técnico, económico y operativo.

A continuación, se hará referencia a los tópicos que componen o lo que se debería considerar por cada factor:

a) Factibilidad Técnica.

3. Mejora del sistema actual.

4. Disponibilidad de tecnología que satisfaga las necesidades.

En cuanto al punto a) resulta evidente considerar que se trata de una mejora significativa del sistema actual. En realidad, el sistema no se reemplaza, se otorga a los usuarios (docentes y alumnos) una herramienta potente como lo es una red local para agilizar el intercambio de ideas plasmadas a través de recursos informáticos (imágenes, aplicaciones, imágenes animadas, textos, etc.), potenciando sin lugar a dudas al sistema educativo. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto se facilita una herramienta que debería en primera instancia ayudar al docente en su labor, siempre y cuando éste se instruya y realice un uso adecuado de ella. Se puede decir entonces que alcanzando un compromiso entre docente y el uso de la red, se estarían satisfaciendo todas las necesidades pertinentes a la labor docente.

b) Factibilidad Económica.

5. Tiempo del analista.
6. Costo de estudio.
7. Costo del tiempo del personal.
8. Costo del tiempo.
9. Costo del desarrollo / adquisición.

Con respecto a la factibilidad económica, el costo sería definitivamente mínimo debido a que la materia prima con la que se despliega la red es materia disponible. En efecto, en las visitas a las escuelas donde se realizó el trabajo de campo se pudo observar que la mayoría de los chicos cuentan con dispositivos móviles de media gama. Sin embargo, puede considerarse como único inconveniente el dispositivo que hace de maestro en la red, ya que éste debe corresponder a de alta gama, lo cual no siempre será una realidad debido a que no todos los docentes disponen de uno.

Otro problema podría estar asociado con la duración de la batería y la importancia que esto implica. Es decir, sería necesaria una fuente de alimentación apropiada para la eventual carga del celular. Siendo esto una tarea que resulta dificultosa ya que las zonas mencionadas disponen de paneles solares, los cuales tienen como prioridad otros fines, como

por ejemplo el funcionamiento de las luces de la institución o el uso de bombas extractoras de agua.

En costos de personal y tiempo no surgen inconvenientes ya que el despliegue se hace de forma espontánea. Por lo tanto, instruir una sola vez puede ser suficiente.

c) Factibilidad Operativa.

10. Operación garantizada.

11. Uso garantizado.

En cuanto a la garantía que puede ofrecer el sistema, se puede decir que tiene dos facetas: una a nivel local y otra dispuesta para el acceso a los recursos del servidor. La primera faceta ofrece garantías puesto que se trata de dispositivos móviles que solamente deben disponer de la tecnología Bluetooth para poder hacer efectiva la transferencia de recursos en el aula. La otra faceta se encuentra disponible en el acceso a internet. En muchas de estas zonas remotas el acceso a internet se dificulta por la pérdida de señal que se genera debido a la calidad de servicio que ofrecen las compañías celulares. Si bien es cierto este es un hecho que se da con baja probabilidad, puesto que casi todas las zonas son cubiertas por tecnología 2G brindada por diferentes compañías, se puede decir que, desde este punto de vista, el sistema no está completamente garantizado para su uso óptimo.

---

### III.2.2.2 PARÁMETROS DESEABLES DE CONEXIÓN.

Para comprobar la factibilidad del despliegue de la MANET en una determinada zona, es necesario comprobar ciertos factores involucrados con la conexión a Internet, puesto que este aspecto está ligado de forma estricta al trabajo, en el sentido de que es necesaria una conexión a Internet para poder establecer el enlace remoto con cualquier servidor figura 3-1.

El objetivo de esta sección es definir un parámetro que permita establecer si es factible o no la implementación, considerando las diferencias entre las variables de un lugar

y otro, y concluyendo a partir de éstas si el acceso a internet por medio del despliegue es posible.

De acuerdo a lo mencionado, a continuación, se darán a conocer los valores referidos a la conexión, óptimos para que el despliegue de la red sea medianamente funcional, es decir, para que la MANET trabaje de manera eficiente.

### III.2.2.2.1. LUGAR DE CONDICIONES DESEABLES.

Como lugar de prueba se escogió a la localidad de San Pedro de Guasayán, puesto que se trata de una zona perteneciente a la provincia de Santiago Del Estero. La misma se encuentra adyacentes a las localidades de Lavalle y Morón, las cuales fueron destinadas para fines de mediciones y de experimentación respectivamente.

La elección de considerar esta localidad como referencia se basa en lo que refiere a la cercanía con los lugares de prueba en este trabajo. Asimismo, también influye el hecho de que se trata de una zona donde el acceso a Internet solamente se da de forma satelital, es decir, no existen servicios de banda ancha como ADSL o fibra óptica

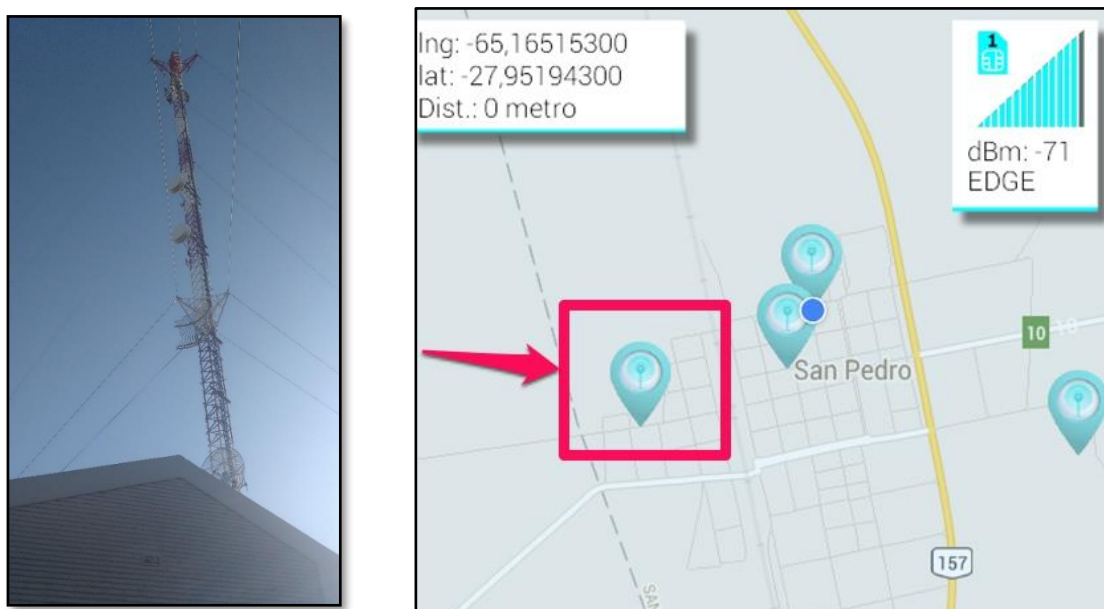


Figura 3-6. Zona de conectividad de san pedro obtenida con la App Network Signal Info

Como puede observarse en la figura, la localidad deseable (indicada además por longitud y latitud) se encuentra cubierta por 4 torres celulares GSM, obteniéndose una distancia de 0 mts (0 es una cantidad simbólica en la aplicación Network Signal Info que indica máxima cercanía, se hace una aproximación a nivel GPS) hacia la torre más cercana. Con una potencia recibida por el teléfono móvil de  $-71 \text{ dbm}^3$ . [20]

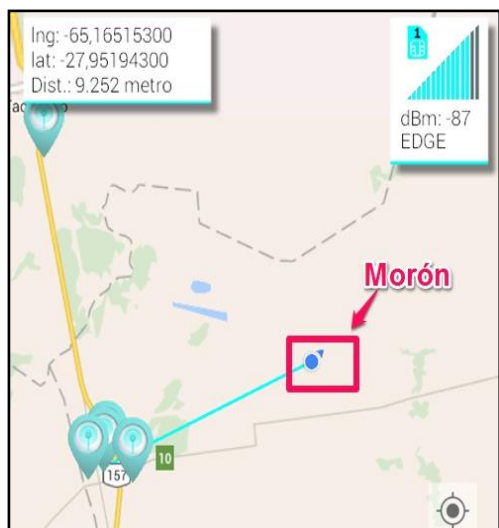


Figura 3-7. Distancia a Morón

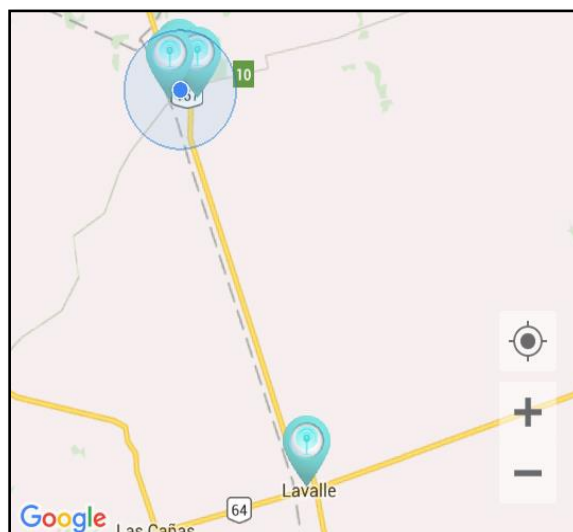


Figura 3-8. Distancia a Lavalle

Como se dijo anteriormente se compara el lugar deseado con las zonas adyacentes de Morón y Lavalle, cuyas distancias a San Pedro son de 10 km y 30 km respectivamente de forma aproximada. La diferencia entre estas dos, es que la antena más cercana a Morón queda a efectivamente 10 km, mientras que Lavalle, como se observa en la imagen, dispone de una sola antena 2G a metros de distancia.

<sup>3</sup> [RSSI es una escala de referencia (en relación a 1 mW) para medir el nivel de potencia de las señales recibidas por un dispositivo móvil. La escala tiene al valor 0 (cero) como centro; representa 0 RSSI, o 0 dBm, generalmente la escala se expresa dentro de valores negativos; cuanto más negativo, mayor pérdida de señal. 0 dBm equivale a 1 mW de potencia, -10 dBm a 0.1 mW, -20 dBm a 0.01 mW, y sucesivamente. La señal mínima aceptable para establecer una conexión es de -85 dBm.]



Figura 3-9. Network Signal Info

Como se puede observar en la figura anterior, la cantidad de dBm es de -71, la cual es obtenida a partir de ASU (Unidad de fuerza arbitraria (ASU) es un valor entero proporcional a la intensidad de señal recibida medida por el teléfono móvil.)[15].

Según la fórmula para obtener el dBm para redes GSM:

$$\text{dBm} = 2 \times \text{ASU} - 113, \text{ ASU en el rango de } 0..31 \text{ y } 99 \text{ (para no conocido o no detectable).}$$

Se tiene que:

$$\text{Dbm} = 2 \times 21 - 113 = -71$$

Si se continúa observando la figura, el DBM nunca baja de los -85 y oscila entre este valor y el que figura en el momento de la captura. Esto otorga el indicio de que la conexión es apta para el desarrollo del tráfico vía internet.

III.2.2.2.2 RESULTADOS DESEABLES DE LATENCIA

Durante una jornada de medición (de 8 a 18), se pudieron obtener resultados correspondientes a latencia ICMP y HTTP. A continuación, dichos resultados serán expresados por medio de los gráficos correspondientes.

Latencia ICMP

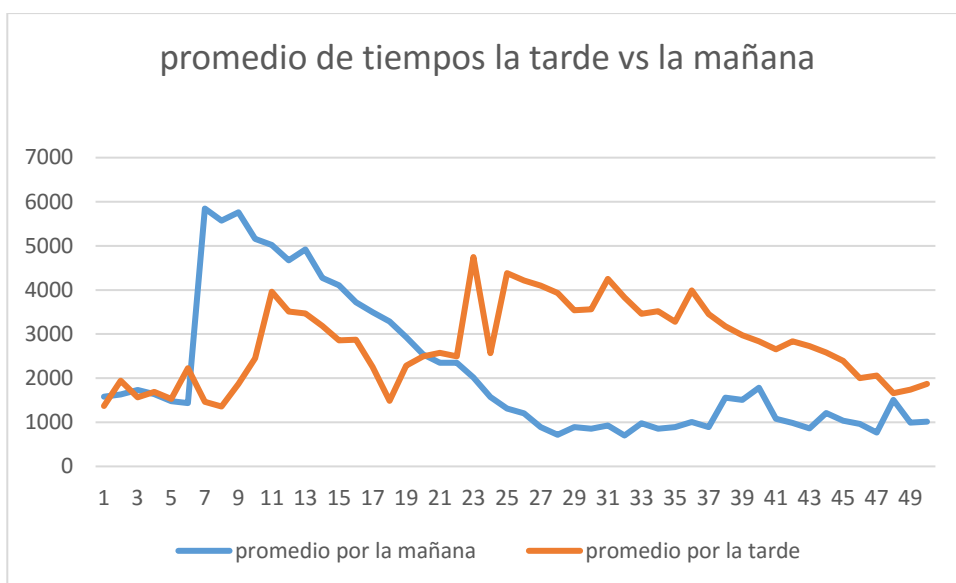


Figura 3-10. Latencia mañana vs tarde

En este gráfico pueden distinguirse los resultados obtenidos, expresados en milisegundos y correspondientes a la cantidad de 50 pings. Coexisten dos funciones, una correspondiente a los tiempos de la mañana (promedio por la mañana) y la otra perteneciente a los resultados lanzados en la jornada, pero por la tarde (promedio por la tarde).

Al comenzar la ejecución de pings, las funciones toman valores parecidos, que de repente logran incrementarse sustancialmente (la función de color azul en el ping número 7 y la función color naranja en el ping 11). Sin embargo, puede observarse que, a medida que transcurren los pings, los valores de las funciones tienden a reducirse, obteniendo un relativo equilibrio en los tiempos. En la siguiente gráfica, que corresponde al promedio general, puede observarse esto:



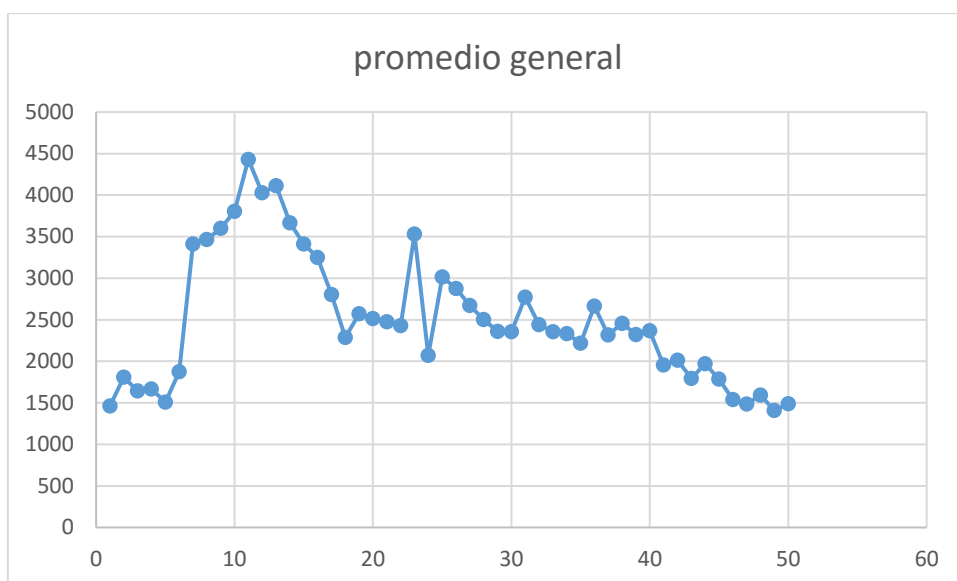


Figura 3-11. Promedio general: latencia.

Si se consideran los tiempos en función de las franjas horarias, se obtiene lo siguiente:

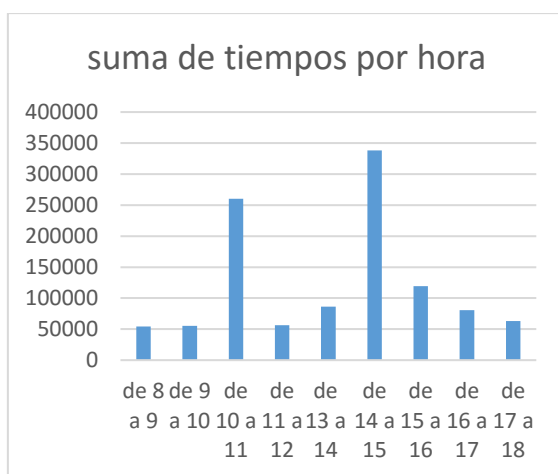


Figura 3-12. Suma de tiempos por hora

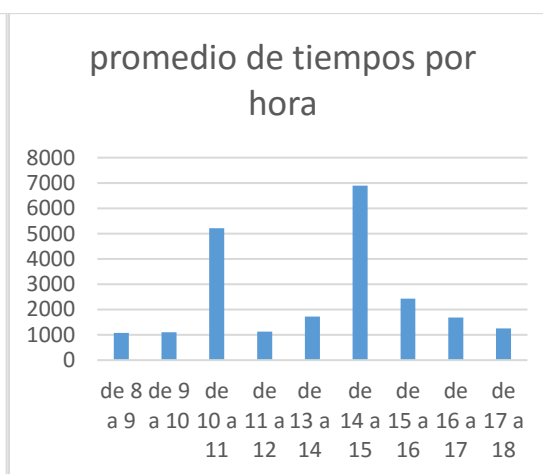


Figura 3-13. Promedio de tiempos por hora

Nota: la franja horaria de 12 a 13 no figura, ya que no fue posible contactar al servidor mediante PING ICMP.

Por lógica se establece una similitud entre graficas de promedio y acumulación de tiempos. Para ambos casos el pico máximo de tiempos se da en las franjas de 10 a 11 y de

14 a 15, obteniendo tiempos de hasta 350.000 y 7.000 milisegundos respectivamente. Esto es una consecuencia directa del tráfico de red existente en estas franjas.

Tabla 3-12. Tiempos ICMP

Consideración	Tiempos de la mañana(milisegundos)	Tiempos de la tarde (milisegundos)	General
promedio	2129,71	2792,99	2495,55
Suma	425941	687076	1113017
Máximo	19943	14071	19943
Mínimo	415	326	326

En la tabla anterior se muestran algunos parámetros de resultados. Los mismos tienen que ver con el valor promedio, la acumulación total de tiempos representada con la palabra “suma”, los máximos y los mínimos. A los mismos se los categoriza con el criterio de horarios por la mañana y por la tarde.

Entre los tiempos que se asignan por la mañana y por la tarde, no existe remarcada diferencia, a excepción de la acumulación de tiempo. Por la tarde se obtiene un agregado de 20 segundos aproximadamente con respecto a la mañana. Esto es normal, ya que las mediciones de la tarde abarcan más tiempo. Luego los valores son similares. Se debe considerar que estos tiempos están dados en una zona de condiciones para que el despliegue de la MANET sea el óptimo, esto con respecto a las zonas de experimentación.

### Latencia HTTP

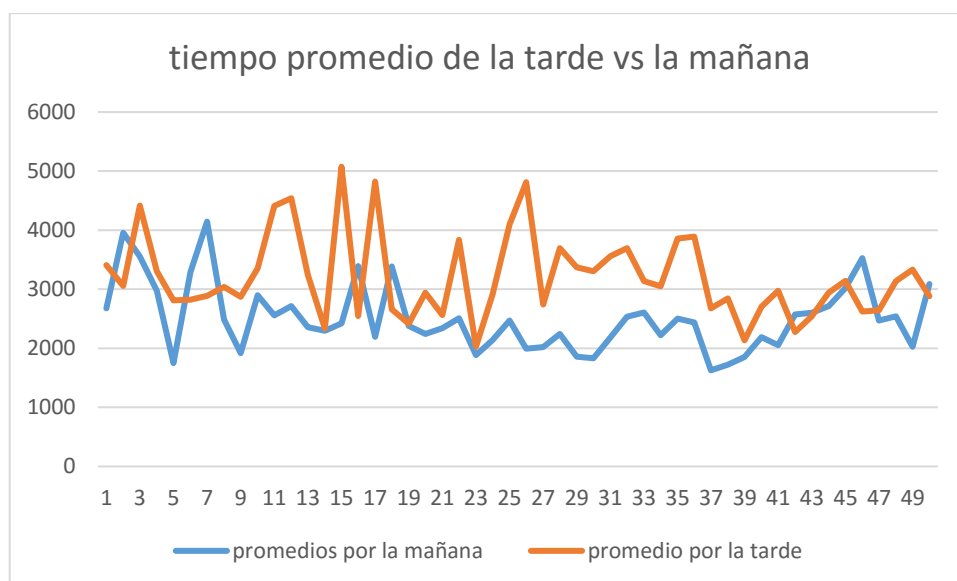


Figura 3-14. Tiempo promedio de la tarde vs la mañana

La explicación de esta grafica es análoga a su par de ICMP. El comportamiento es un tanto diferente. En este caso los valores son más elevados, puesto que se trata de solicitudes a nivel capa de aplicación, en comparación con los anteriores que se dan a nivel capa de red.

En esta grafica la oscilación del tiempo es mayor, pero los valores quedan marginados entre el intervalo reducido de 2000 y 5000 milisegundos. La oscilación de tiempos por la mañana es parecida a los de la tarde, pero presenta valores más reducidos, llegando a un tope de 1700 milisegundos aproximadamente. Mientras que el máximo tiempo es alcanzado por la función de la tarde, con valores que superan apenas los 5000 milisegundos. A continuación, se muestra la tendencia de las dos funciones anteriores en una sola, la cual representa al promedio general:

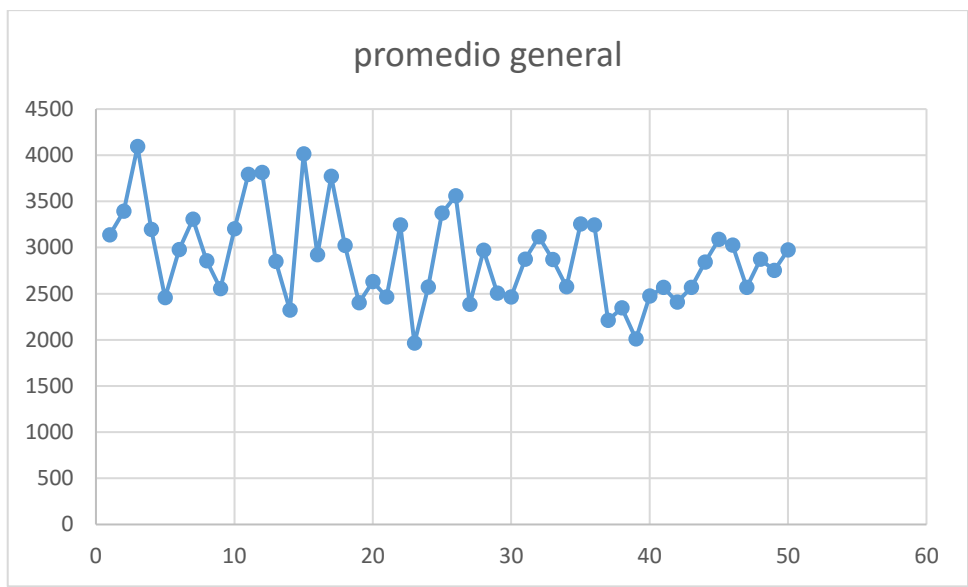


Figura 3-15: promedio general.

Si se consideran los resultados en función del transcurso de la jornada:

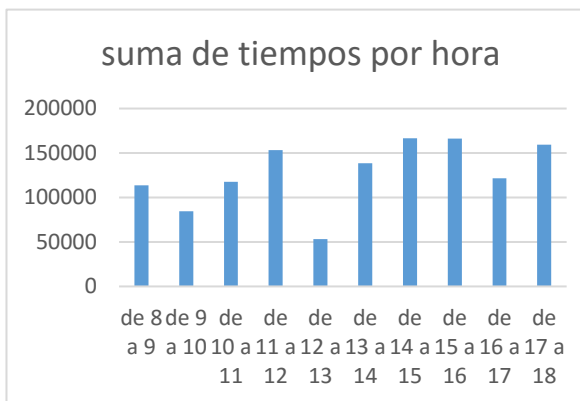


Figura 3-16: suma de tiempos por hora

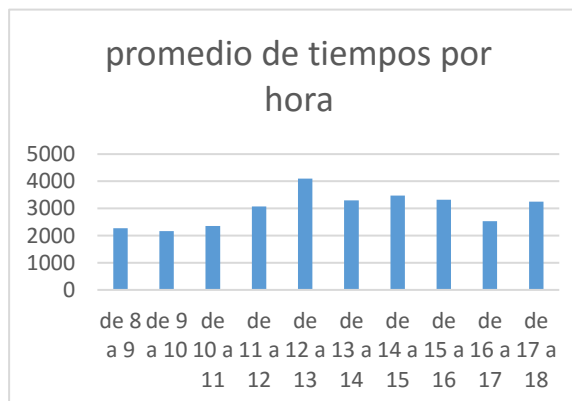


Figura 3-17: promedio de tiempos por hora

En las dos gráficas existe una uniformidad relativa. En la suma de tiempos por hora, en el lapso de 12 a 13 hs, se produce la acumulación mínima de tiempo llegando a los 50 segundos. Es decir, la sumatoria de tiempos obtenidos con los 50 pings de las mediciones alcanza su valor mínimo en este segmento. Luego los valores permanecen fluctuando entre los 100 y 150 segundos.

En la gráfica correspondiente al promedio de tiempos por hora se observa una mayor uniformidad, ya que los valores rondan entre los 2 y 4 segundos.

Tabla 3-13. Promedio de tiempos

Consideración	Tiempos de la mañana(miliseundos)	Tiempos de la tarde (miliseundos)	General
Promedio	2483,386243	3221,1	2903,496583
Suma	469360	805275	1274635
Máximo	7643	12993	12993
Mínimo	1153	1176	1153

La tendencia es similar a lo que ocurre con ICMP, con la excepción de que se manejan tiempos más elevados por tratarse de solicitudes HTTP. En efecto, los tiempos marcados en la mañana son inferiores a los de la tarde (omitiendo la parte de acumulación, puesto que son más horas por la tarde).

Conclusiones generales.

La demora promedio en este caso, llega casi a los 3 segundos. Tiempo bastante bueno en lo que se refiere a la tolerancia del usuario, es decir, en la mayoría de los casos, solamente toma 3 segundos la carga de un archivo html. Con iCMP se manejan 2 segundos y medio, lo que también habla bien de las condiciones del lugar (San Pedro).

No hay mucha fluctuación en intervalos grandes de tiempo, lo que es una ventaja a la hora de compensar las demoras producidas en algunos casos, y si los intervalos son largos, los tiempos tienden a converger a medida que se itera en los pings. Esto pasa por ejemplo en la gráfica de ICMP, donde el intervalo de fluctuación va desde los 1500 miliseundos hasta los 5000 miliseundos y al finalizar la iteración de pings, el intervalo se reduce al intervalo correspondiente a los 1000 y 2000 miliseundos. En HTTP también hay una convergencia hacia un intervalo reducido de apenas 500 miliseundos.

Con respecto a los máximos y mínimos, en ICMP se observa el mayor tiempo esperado, el cual ronda los 20 segundos. Sin embargo, como se había mencionado antes; este en relación a su promedio: que es de 2 segundos y medio; queda relegado, ya que existen

esperas mínimas que compensan tal demora. En HTTP no es mucho el retardo, el máximo llega a los 12 segundos.

### III.3. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS DE LA RED.

A continuación, se identificarán los requerimientos que debe presentar la red MANET para su uso eficiente. Los mismos están determinados por la información recabada en las etapas previas, la cual hace referencia a las necesidades de los usuarios (docentes y alumnos) y a las restricciones propias de la zona en cuanto a la disponibilidad de recursos.

---

#### III.3.1. REQUERIMIENTOS ÓPTIMOS

Requerimiento 01: Básicamente, deberán existir un dispositivo de alta gama<sup>4</sup> y por lo menos un dispositivo de media/baja gama para poder efectuar el despliegue de la MANET. El de alta gama quedará configurado como el nodo Gateway o maestro de la red, mientras que el o los de media gama como los clientes de la misma.

Requerimiento 02: los dispositivos que conformen la red deberán contar como mínimo con Bluetooth 2.1 para poder realizar el anclaje de forma adecuada y formar la Piconet. El anclaje se realizará de forma automática, es decir, se usará la funcionalidad de Android: Bluetooth Tethering en el maestro. (Ver apartado 4.1.2.1)

Requerimiento 03: Se deberá disponer de una aplicación m-learning liviana<sup>5</sup> para poder ser ejecutada en los nodos. La misma deberá estar albergada en un servidor web ubicado a no muchos saltos (cantidad de routers que lo interconectan con el nodo maestro) del nodo Gateway.

---

<sup>4</sup> Dispositivo de alta gama: aquel que contiene las características más avanzadas en un momento dado.

<sup>5</sup> Aplicación mlearning liviana: aplicación de poco peso que permita ser cargada rápidamente.

Requerimiento 04: Los nodos deberán contar con un navegador web para poder hacer uso de la aplicación m-learning (Aprendiendo).

Requerimiento 05: El lugar en donde se efectúe el despliegue deberá disponer de tecnología de telefonía móvil, más precisamente 2G (ya sea GPRS o EDGE), sin importar la compañía que la provea. Esto implica que el nodo de alta gama que hace de puerta de enlace deberá contar como mínimo con los servicios GSM citados.

Requerimiento 06: La batería de los dispositivos deberá tener al menos el 60% de su carga para suplir todo el tiempo que se desarrolle el despliegue de la red y posterior uso de la misma.

Requerimiento 07: La distancia entre los nodos será como máximo de 10 metros, por cuestiones de limitaciones de hardware.

---

### III.3.2. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS.

Requerimiento 01: El sistema operativo que gestione los dispositivos será Android. La versión mínima aceptada será la 2.3.x Gingerbread.

Requerimiento 02: El despliegue de la red MANET deberá ser casi espontáneo (con prácticamente nula intervención de los docentes en la configuración), rápida (no más de unos cuantos minutos) y fácil (pasos finitos y escasos) de tal forma que sea práctico para el personal docente, así pueda incorporarse esta herramienta como un recurso educativo más.

Requerimiento 03: La red MANET deberá funcionar solamente como apoyo catedrático y no ser el centro de la temática que se brinde en las clases dictadas por los docentes.

### III.4 DISEÑO DEL MODELO MANET-LEARN.

En este apartado se busca ensamblar todos los componentes o subsistemas que forman a la MANET, detallando sus interfaces, funcionalidades, limitaciones y acoples entre sí, de tal forma de comprender el funcionamiento en conjunto de la red una vez desplegada.

Al principio de éste capítulo se estableció mediante un esquema la forma en que se despliega la red móvil (*figura 3-1*). Resulta de suma importancia tratar de describir como se produce ese canal virtual entre el nodo móvil y el servidor, para ello es necesario comprender como se realiza esa interconexión a través de la solicitud y respuesta entre los mismos. Para tales fines, el esquema podría dividirse en sub-esquemas o subsistemas que describan el funcionamiento tramo por tramo.

Si se considera el tipo de interconexión entre nodos, pueden identificarse 4 tipos:

- a) La primera es la que se produce en la MANET, es decir, en la red misma de la zona remota, dónde el protocolo que predomina es Bluetooth.
- b) La segunda se produce entre el dispositivo móvil que tiene el rol de Gateway y el nodo GGSN (nodo frontera de la red GPRS), donde el protocolo que se destaca es GPRS.
- c) Al salir de GGSN, el paquete se encapsula en un datagrama IP, representando al tercer tipo de interconexión donde predomina el protocolo homónimo al datagrama.
- d) El cuarto tipo de interconexión se refiere a la forma que la solicitud o respuesta se mueve dentro de la red de infraestructura, es decir, los protocolos en este caso podrían tratarse de Ethernet o WiFi.

Para fines de este trabajo, solamente se describirán los tipos de interconexión a) y b), ya que los otros dos corresponden mayormente a redes de infraestructura o redes híbridas (ver marco teórico), además por no corresponder estrictamente con el tema eje de esta tesis: tecnologías de telefonía móvil.

---

#### III.4.1. DISEÑO LÓGICO DE LA MANET.

El diseño de una topología de red es el primer paso en la fase de diseño lógico de la metodología de diseño “Top-Down”. Para cumplir con los objetivos de un cliente en escalabilidad y adaptabilidad, es importante diseñar una topología lógica antes de seleccionar los productos físicos o tecnologías [49].



### III.4.1.1. DESCRIPCIÓN DE TOPOLOGÍA

El diseño jerárquico de una red se basa en una frase conocida en la ingeniería del software: "dividir y conquistar" el trabajo y desarrollar el diseño en capas. Un diseño de este tipo consiste en lo siguiente:

- Una capa de núcleo de routers de gama alta y los switches que están optimizados para la disponibilidad y el rendimiento.
- Una capa de distribución de routers y switches que implementan las políticas. En las organizaciones pequeñas y medianas, las capas de núcleo y distribución se pueden combinar.
- Una capa de acceso que conecta a los usuarios a través de los switches de gama baja y puntos de acceso inalámbricos. [49]

Existen diversos diseños de una topología aparte de la jerárquica. Si se tiene en cuenta la red a nivel local, es decir en la conexión Bluetooth, los nodos de la red MANET se organizan jerárquicamente mediante un proceso denominado "clustering". Este proceso consiste en agrupar u organizar los nodos en clusters, los cuales son grupos de computadoras o dispositivos unidos por una determinada red, donde trabajan cooperativamente y funcionan como un solo dispositivo. Este tipo de diseño es análogo a una topología dinámica, ya que los clusters cambian según el abandono o unión de los dispositivos a los mismos. [12]

Dicho todo esto, la jerarquización en Bluetooth se da a partir de los conceptos de Piconets y Scatternets, los cuales hacen hincapié en una jerarquización de redes. En efecto, las Scatternets no son otra cosa más que agrupaciones de dos o más Piconets, cuyos nodos maestros cumplen el mismo rol o de esclavo según sea el caso. Además, un único dispositivo Bluetooth puede participar como esclavo en varias piconets, pero sólo puede ser maestro en una sola. [44]

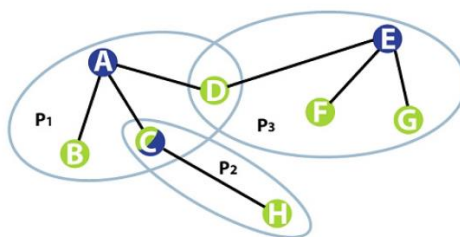


Figura 3-18. Piconets y Scatternets

En la figura 3-18 se muestra una red dispersa que consta de tres piconets separadas, P1, P2 y P3. Cada piconet es controlada por un maestro (dispositivos A, C y E) y contiene uno o más esclavos. El dispositivo C, que conecta P1 y P2, es esclavo en una piconet (P1) y maestro en la otro (P2). [44]

El diseño jerárquico facilita cambios, esto se da exclusivamente por su modularidad, que le permite mantener cada elemento de diseño sencillo y fácil de entender.

A pesar de que no se trata de una red de gran dimensión, es imprescindible representar la MANET de forma jerárquica, ya que, al ser una red relativamente nueva, cada parte que la constituye queda bien representada y organizada con la finalidad de comprender la red en su totalidad.

A continuación, se identifican en gráficos las distintas capas.

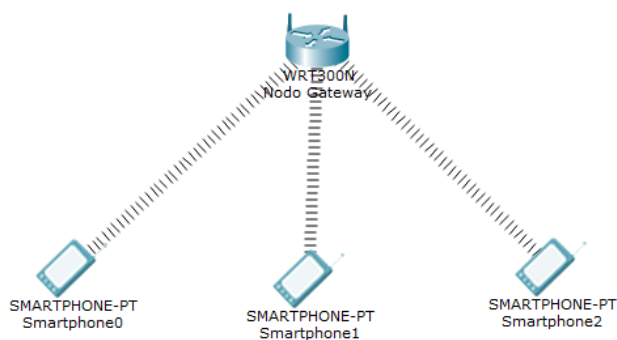


Figura 3-19. Capa de acceso

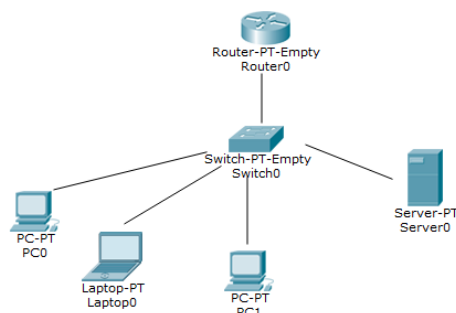


Figura 3-20. Capa de acceso en red de infraestructura

En la figura 3-19 se representa la interconexión Bluetooth, la misma se representa como capa de acceso porque es de baja gama en cuanto a los tipos de interconexiones de toda la red MANET, es decir, es la forma de interconexión mínima requerida para que la red funcione. Análogamente sucede lo mismo en la red que contiene al servidor (figura 3-20), donde se representa el acceso en una red de infraestructura, dada por Ethernet o WiFi.

Al tratarse de una red de dimensión relativamente pequeña, las capas de distribución y núcleo se combinan formando una sola. A continuación, se muestra dicha combinación en una figura:

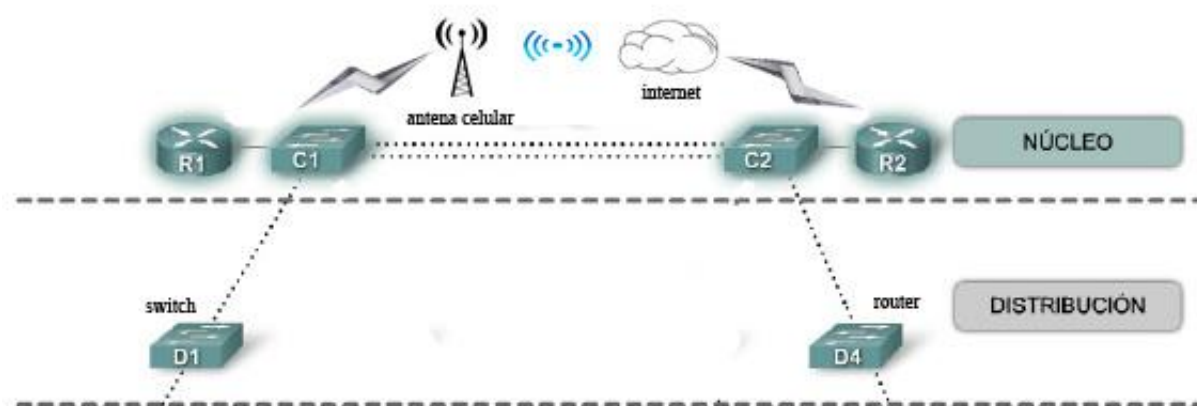


Figura 3-21. Capa de distribución y núcleo

En la figura 3-21 se observa una distribución de antenas, las cuales se encargarán de “enrutar” el paquete a través de la red celular, tunelando y destunelando (GTP) según sea necesario. Una vez redirigidos, los paquetes salen a la red pública en forma de datagrama (protocolo IP), para poder acceder a la “nube” (representada de forma literal en el gráfico).

Mediante el proceso de ruteo de datagramas, el paquete llega al router frontera de la red de infraestructura para poder llegar a destino.

De esta forma, se representa el núcleo y distribución de la red en su totalidad. Esto se da debido a que se dispone de antenas, cuyo rendimiento tiene que ser el óptimo para el desempeño correcto de la red celular para que las solicitudes al servidor m-learning lleguen con seguridad.

---

#### III.4.1.2. DISEÑO DE MODELOS PARA LA NUMERACIÓN Y DIRECCIONAMIENTO.

##### III.4.1.2.1. DIRECCIONAMIENTO BLUETOOTH

---

###### Direccionamiento Físico:

El direccionamiento en Bluetooth se da en función de números expresados en forma hexadecimal, los cuales pueden ser propios de cada dispositivo o asignados durante la operación de la Piconet.

Cada dispositivo Bluetooth tiene una dirección de 48 bits única: BD\_ADDR. Además de identificar cada dispositivo Bluetooth, esta dirección se utiliza para determinar el patrón de salto de frecuencia que se utiliza por el dispositivo de Bluetooth. Es un identificador único de 48 bits grabado electrónicamente para cada dispositivo Bluetooth. Está dividida en tres campos: [9]

- NAP: es utilizada para procedimientos de seguridad.
- UAP (alta) y LAP (baja) son las partes de la dirección que son utilizadas para la corrección de error y patrones de salto de frecuencia.

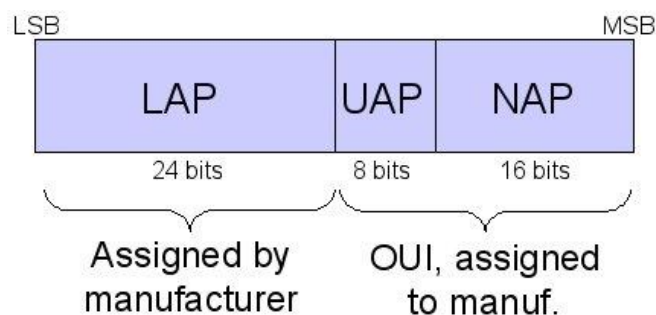


Figura 3-22. BD\_ADDR

Además de esta dirección BD\_ADDR a cada dispositivo se le puede asignar una de las tres siguientes direcciones:

- **AM\_ADDR:** Dirección de miembro (3 bits). Se asigna si el esclavo dentro de una piconet se encuentra activo.
- **PM\_ADDR:** Dirección de miembro aparcado (8bits). Se asigna si el esclavo se encuentra en modo aparcado.
- **AR\_ADDR:** Dirección de Acceso Requerida. Asignación cuando el esclavo entra en modo aparcado y determina la segunda mitad del slot de ventana de acceso para mandar mensajes de petición.

A continuación, se mostrarán las capturas para acceder a esta dirección física en el teléfono:

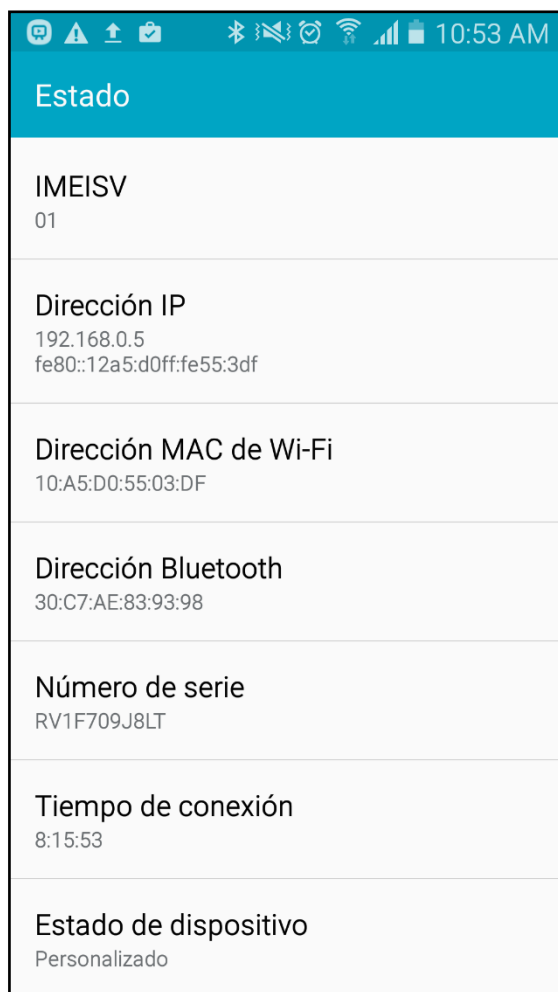


Figura 3-23. Acceso a direcciones físicas y lógicas

Nota: para acceder con el dispositivo Samsung Galaxy s4 se sigue la ruta: menú/ajustes/acerca del dispositivo/estado

### Direccionamiento Lógico.

Es importante destacar el otro tipo de direccionamiento que ocurre por encima: el direccionamiento IP. Como ya se había dicho antes, el transporte de datos a nivel TCP/IP se puede dar sobre Bluetooth, siempre y cuando se utilice el perfil PAN. Este perfil permite dicho transporte sobre L2CAP utilizando el protocolo BNEP. Para realizar dicha tarea, BNEP reemplaza la cabecera Ethernet, comúnmente usada en redes LAN cableadas, por su propia cabecera.

## Asignación de direcciones IP en la red Bluetooth

En la configuración de asignación de direcciones de la red Bluetooth, al anclaje se lo hace de forma automática, a través de la funcionalidad de Android: Bluetooth Tethering. El procedimiento para llevarla a cabo se realiza esencialmente en el dispositivo que hace de Gateway y se lo describe a continuación:

Procedimiento en el nodo maestro para crear la red Bluetooth

Nota: el dispositivo es un Samsung Galaxy S4, SO: Android Jelly Bean

Paso 1: En la parte del menú de Android se seleccionará la opción “Ajustes”, donde se permitirá manipular la configuración para realizar el anclaje.

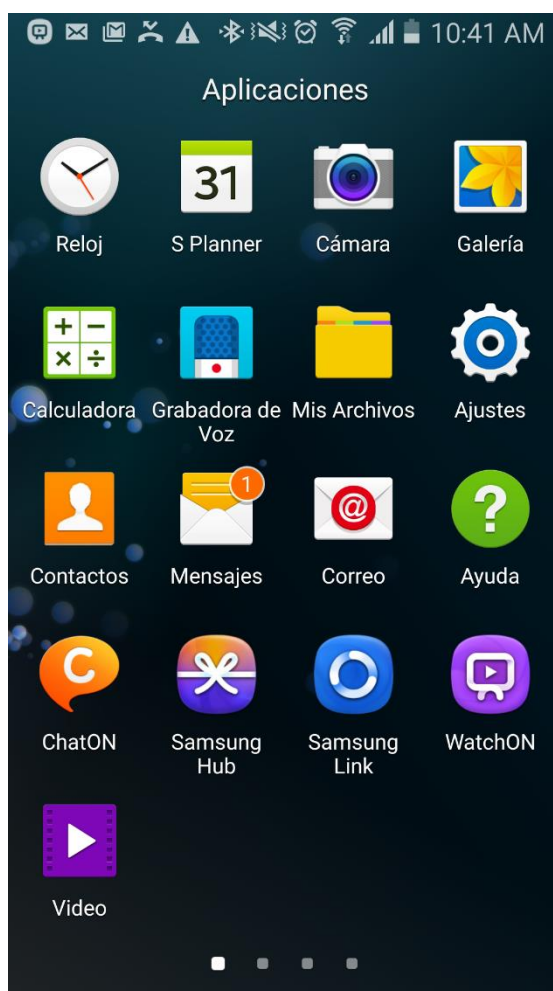


Figura 3-24. Anclaje Bluetooth (1)

Paso 2: En la parte de “conexiones”, más precisamente en “conexiones inalámbricas y redes”, seleccionar la opción “Mas Redes” para ingresar a las opciones avanzadas, es decir para especificar la funcionalidad del anclaje.

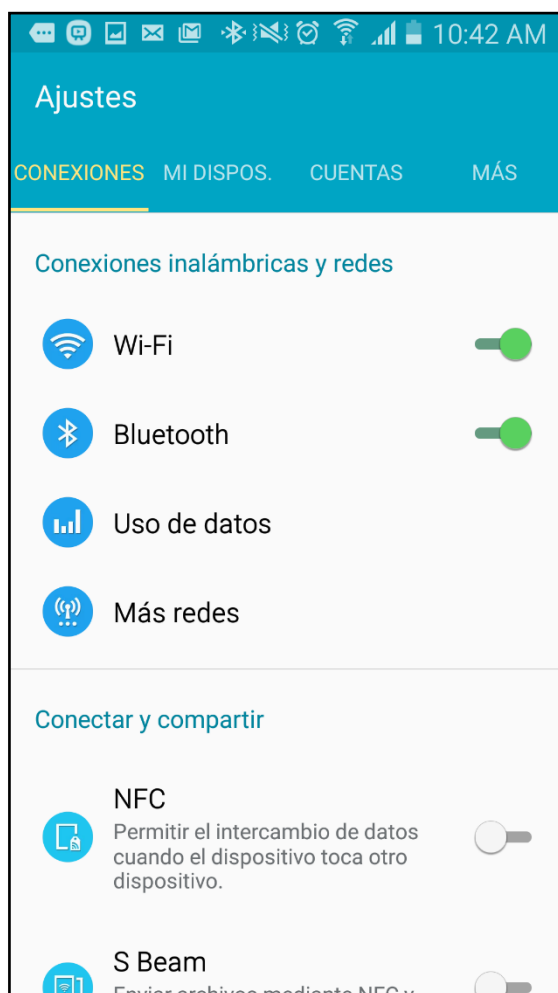


Figura 3-25. Anclaje Bluetooth (2)

Paso 3: Una vez en “Más redes”, seleccionar la opción “Anclaje a red y Zona portátil” para acceder y especificar que se trata de una red Bluetooth. En la figura siguiente se muestra el antes y el después de haber tildado la opción “Anclaje a red Bluetooth”. En la segunda parte, luego de haberse tildado la opción, aparece un mensaje en la parte inferior, el mismo hace referencia a la visibilidad Bluetooth, necesaria para que los dispositivos clientes se puedan unir a la red. Esta habilitación se la mostrará en el siguiente paso.



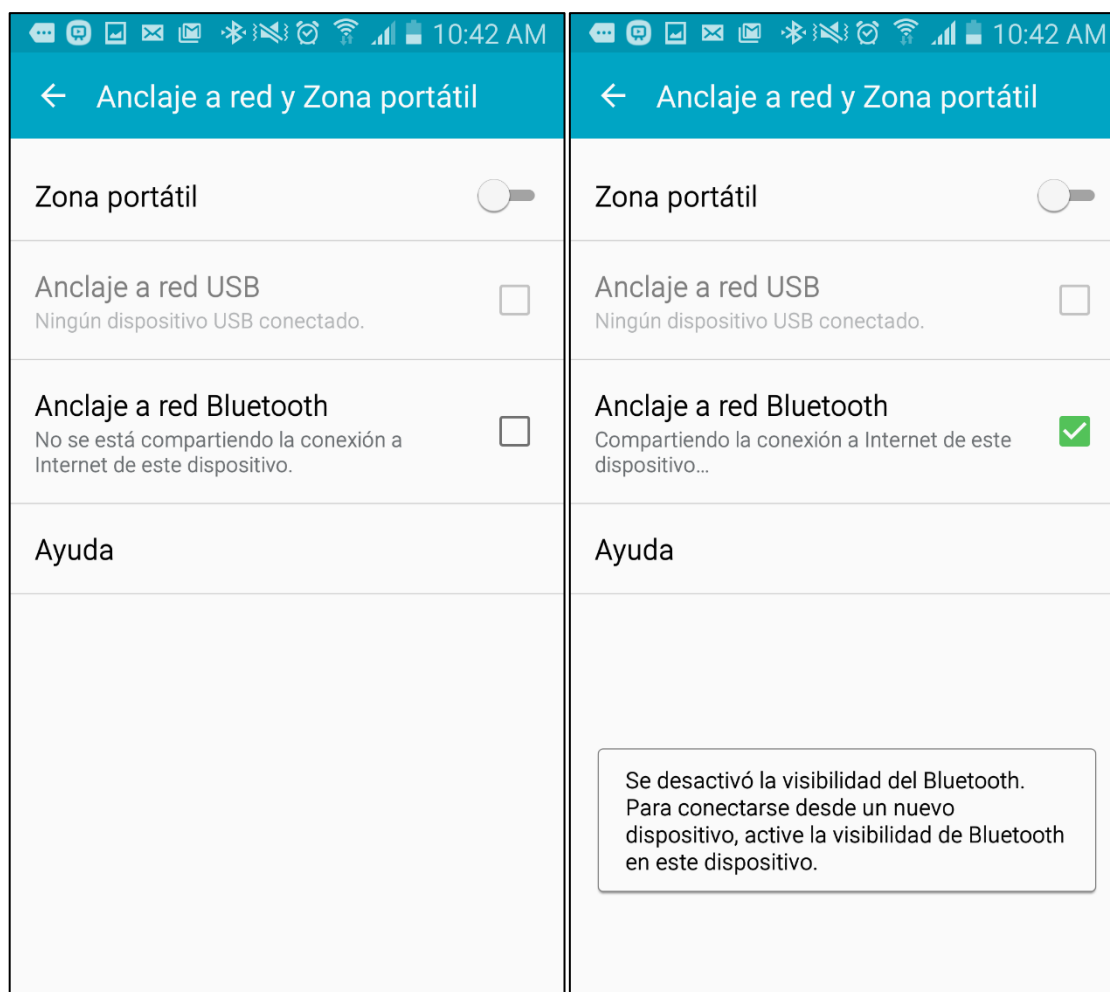


Figura 3-26. Anclaje Bluetooth (3)

Paso 4: Se vuelve atrás a ajustes, en la parte de conexiones se selecciona la opción Bluetooth (figura3-25). Una vez dentro, en la sección “Mi Dispositivo” se tilda la opción de visibilidad. Hecho esto, se otorga un tiempo de 2 minutos de visibilidad, en ese lapso los dispositivos clientes deberán hacer la petición de anclaje al dispositivo maestro.

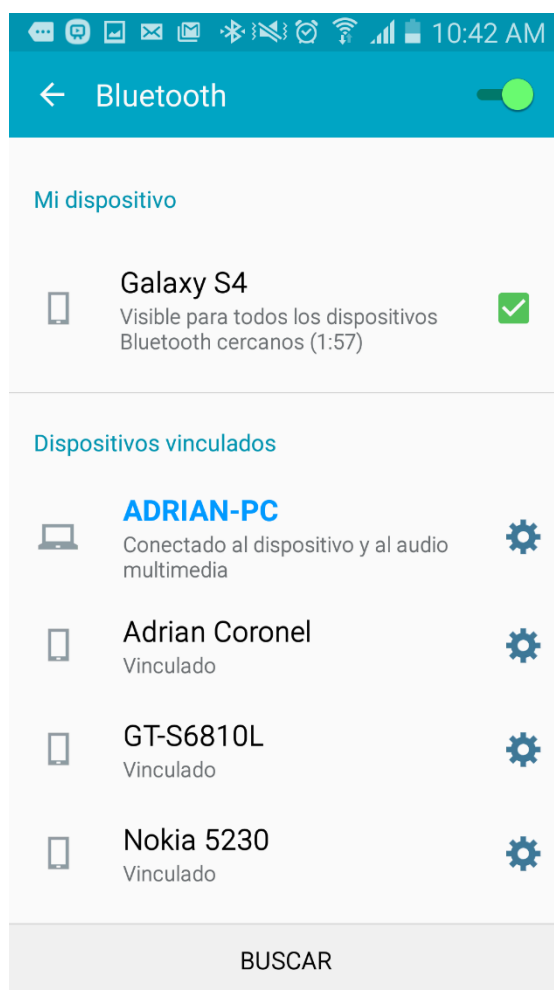


Figura 3-27. Anclaje Bluetooth (4)

Procedimiento para solicitar el anclaje.

Nota: para los siguientes pasos se utilizó un Nokia Asha 302

Paso 1: Ahora se procederá a configurar el dispositivo cliente para concretar el anclaje, para ello, en la parte del menú, se seleccionará la opción “Configuración”, donde se permitirá manipular la configuración para solicitar el anclaje.



Figura 3-28. Solicitud de anclaje Bluetooth (1)

Paso 2: Se accede a las opciones de la configuración Bluetooth, donde se ingresa a la sección de conectividad, seleccionando en ésta la opción Bluetooth. En la figura siguiente se muestra el paso:

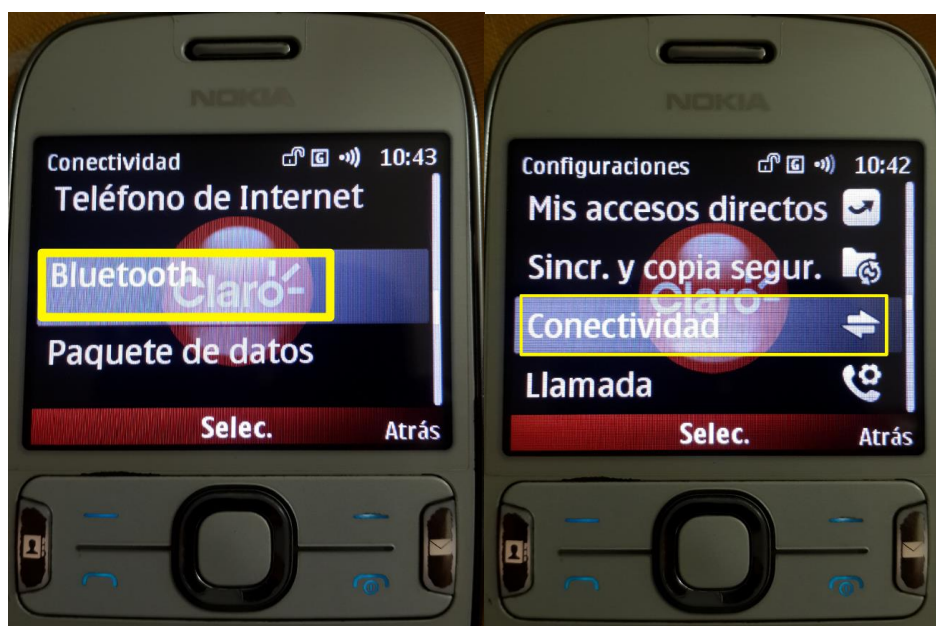


Figura 3-29. Solicitud de anclaje Bluetooth (2)

Paso 3: a continuación, lo que se hace es activar la funcionalidad de Bluetooth.

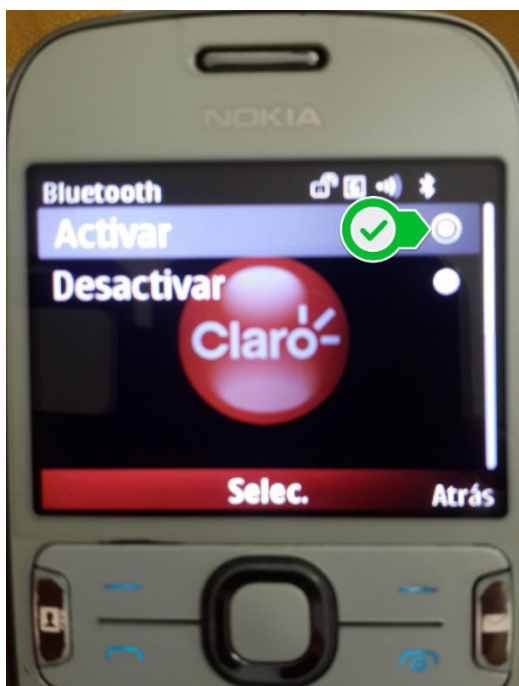


Figura 3-30. Solicitud de anclaje Bluetooth (3)

Paso 4: una vez realizada la activación, se procede a buscar al dispositivo maestro con la opción “dispositivos visibles” de la sección Bluetooth. En la figura aparece el Gateway con el nombre de “Samsung S4”, se lo selecciona y se otorga una clave compartida. Una vez chequeada la misma por ambos dispositivos y luego confirmada, se realiza el anclaje.



Figura 3-31. Solicitud de anclaje Bluetooth (4)

Luego de haberse vinculado el cliente en el dispositivo maestro, el cliente queda registrado en la lista de dispositivos vinculados.

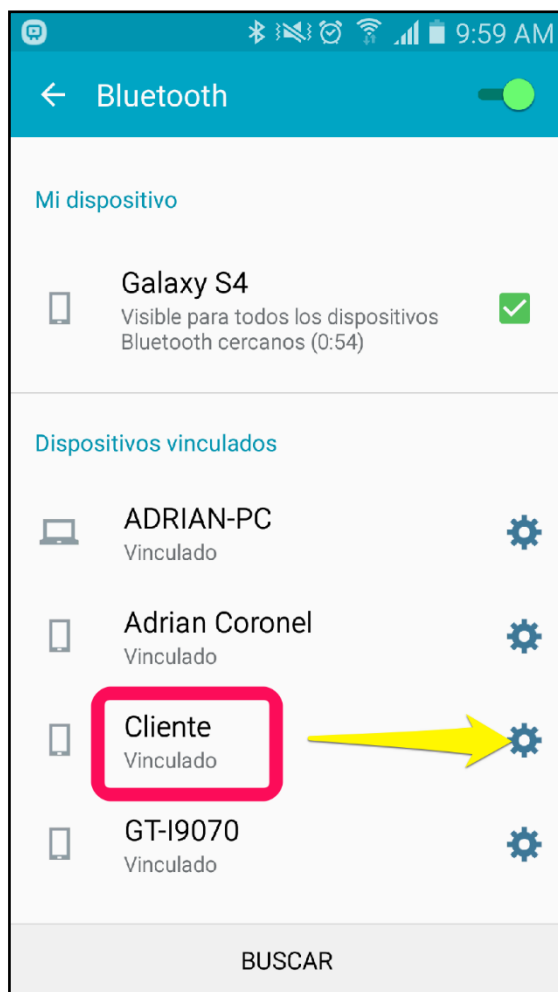


Figura 3-32. Solicitud de anclaje Bluetooth (5)

Nota: para brindarle el servicio de internet al nodo cliente, lo que debe hacerse es: en el nodo maestro, seleccionar el icono apuntado por la flecha amarilla en la figura anterior y tildar la opción de compartir internet. Acto previo, debe desactivarse la funcionalidad WiFi y activar los paquetes de datos en el nodo maestro.

#### III.4.1.2.2. DIRECCIONAMIENTO GPRS

El direccionamiento mediante GPRS se hace a través del “tunelado”, más precisamente mediante GTP (Gprs Tunneling Protocol). Este protocolo tiene la particularidad de basarse en IP pero sólo se lo implementa para los nodos SGSN y GGSN, es decir, solamente dentro de la red GPRS. Además puede utilizarse con UDP y TCP

(inicialmente sólo se implementaba con UDP). El mismo puede descomponerse en tres sub protocolos:

- El protocolo GTP-C se usa en la red GPRS para señalización entre el Nodo de Soporte del Servicio GPRS (SGSN) y el Nodo de Soporte de la Compuerta GPRS (GGSN). Este le permite al SGSN activar una sesión de usuario (activación del contexto PDP), para desactivar la misma sesión, ajustar los parámetros de calidad de servicio, o actualizar una sesión para un abonado que acabe de llegar de otro SGSN.
- El protocolo GTP-U se usa para portar datos de usuario dentro de la red GPRS y la Red de Acceso de Radio (RAN) y la red GSM. Los datos de usuario transportados pueden estar los formatos de paquetes IPv4, IPv6 y PPP.
- El protocolo GTP' (GTP prima) usa la misma estructura de mensaje del GTP-C y GTP-U, pero tiene una función independiente. Este puede usarse para portar datos de tasación desde la función de tasación (CDF) de la red GSM o red UMTS hasta la función de compuerta de tasación (CGF). Esto generalmente quiere decir, desde varios elementos individuales de la red tales como el GGSN hasta el computador centralizado que proporciona los datos de tasación al centro de facturación del operador. [48]

#### III.4.1.2.3. RECORRIDO DEL PAQUETE.

---

En resumen, el nivel de direccionamiento siempre es IP, en la MANET que funciona a base de Bluetooth, la carga útil es encapsulada a través de BNEP como ya se había dicho, y para la conexión punto a punto entre el Gateway y GGSN, dicha carga se encapsula con GTP dentro de la red GPRS, y con los datagramas IP en la red pública. A continuación, se dan los pasos para detallar como llega el datagrama desde el nodo cliente al servidor:

1. El nodo móvil envía el datagrama IP, encapsulado en BNEP, al punto de acceso a la red (NAP).

2. El NAP transmite el datagrama al SGSN de la red GPRS, desde donde viaja al GGSN encapsulado en GTP.
3. El GGSN re-envía el datagrama a Internet, por donde viaja hasta llegar al router frontera de la red destino.
4. El router frontera de la red destino encamina el datagrama hacia el servidor, encapsulado en una trama Ethernet o WiFi según sea el caso. [SERGIO ROCABADO]

A continuación, se muestra un gráfico explicativo para ampliar el entendimiento de estos pasos:

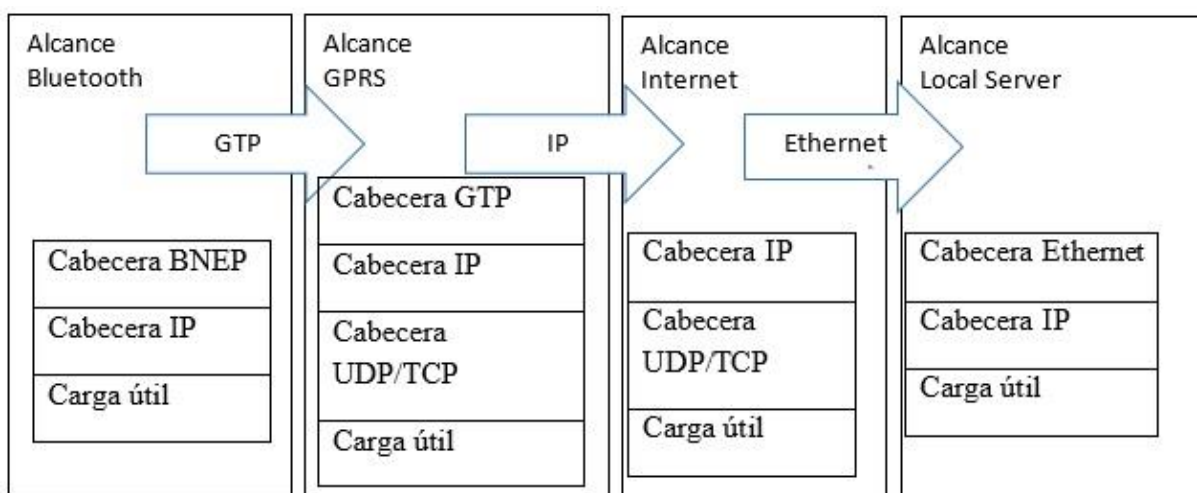


Figura 3-33. Direccionamiento



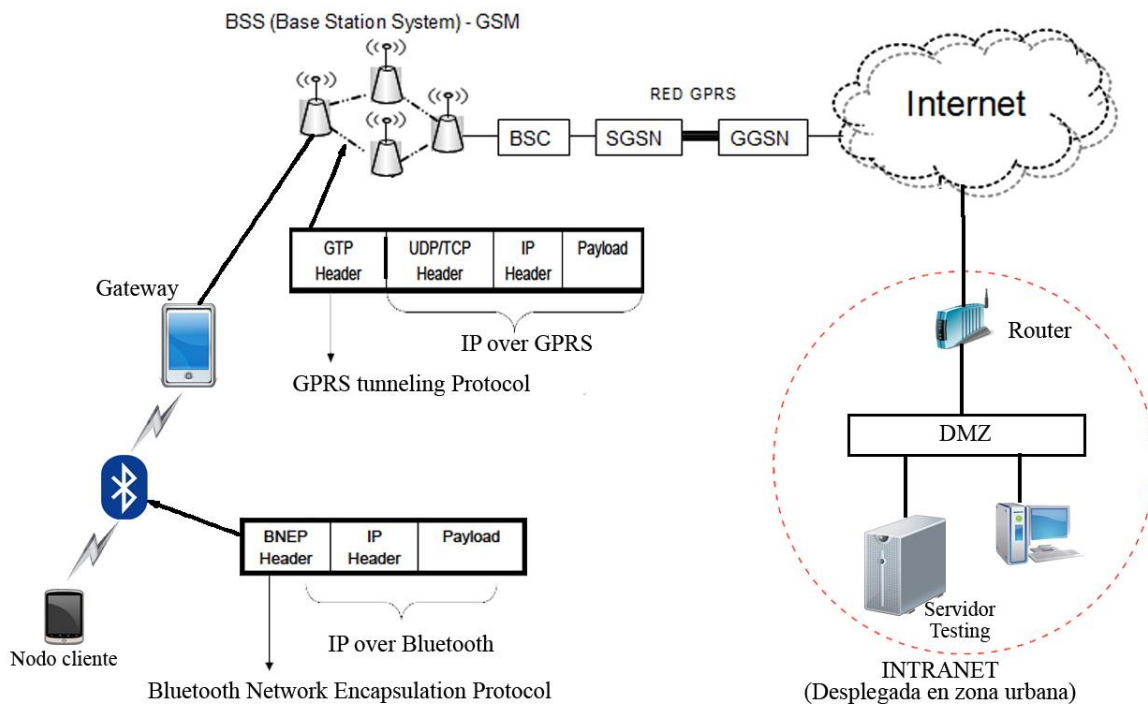


Figura 3-34. Recorrido del paquete

### III.4.1.3. ELECCIÓN DE PROTOCOLOS DE INTERCAMBIO Y RUTEO

Teniendo en cuenta la jerarquización efectuada anteriormente, en la capa de acceso (ver 4.1.1) se distinguen dos tipos de protocolos que gestionan el intercambio de datos. Uno se da con Bluetooth en el entorno MANET y el otro en la red de infraestructura que contiene al servidor.

Particularmente y a efectos de este trabajo, interesa el primer caso descrito, puesto que al representar la red de infraestructura queda fuera del alcance del trabajo, por lo tanto, resulta conveniente hacer referencia a la forma en que se manipula el intercambio en la red generada a través de Bluetooth.

Para el ruteo se tendrá un criterio parecido, puesto que interesa GPRS como tecnología “nueva” en el contexto de la carrera, y no se considerará la red pública en su forma ya conocida con el ruteo de datagramas.

### III.4.1.3.1. INTERCAMBIO EN BLUETOOTH

A diferencia de redes cableadas, donde el intercambio en protocolos Ethernet es realizado a través de un Switch, todo se centra en un gestor de intercambio llamado Protocolo administrador del enlace (del inglés Link Manager Protocol - LMP). [8]

LMP, en esencia, se encarga de la colocación de esclavos en una piconet, y la asignación de las direcciones a miembros activos. Además:

- Establece las desconexiones para separar esclavos de piconet.
- Configura los enlaces, incluyendo enlaces Maestro / Esclavo.
- Establece conexiones en modo de bajo consumo: Hold, Sniff, y Park.
- Controla modos de prueba.

#### Procedimientos de LMP [17]

- Autenticación

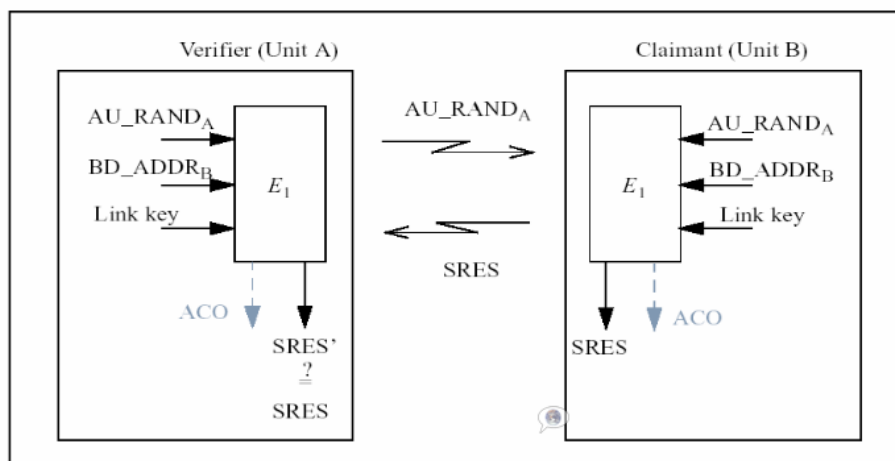


Figura 3-35. Autenticación con LMP

El Procedimiento de autenticación se basa en un esquema de solicitud-respuesta.

- La unidad A envía AU\_RAND que contiene un número aleatorio para la unidad B.
- La unidad B calcula una respuesta, que es una función del número aleatorio descrito anteriormente, combinada con la BD\_ADDR de la unidad B y una clave secreta.
- La respuesta se envía de nuevo la unidad A, que comprueba si la respuesta es correcta o no.
- Suposición: ambos dispositivos comparten una clave secreta

- Emparejamiento

- Cuando dos dispositivos no tienen una clave de enlace común, se crea una clave de inicialización (K) sobre la base de un PIN, un número aleatorio y una dirección de BD\_ADDR
- Cuando ambos dispositivos han calculado K, se crea la clave de enlace, y finalmente se realiza una autenticación mutua
- El iniciador envía LMP\_in-rand y receptor responde con LMP\_accepted.
- Ambos dispositivos calculan K sobre la dirección de la BD del receptor.

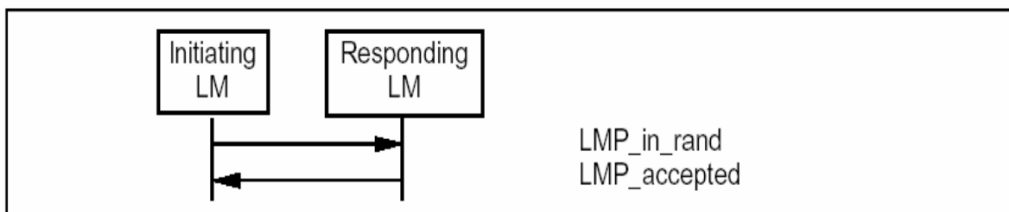


Figura 3-36. Emparejamiento con LMP

- Cifrado

Si al menos una autenticación se realiza, el cifrado puede ser utilizado

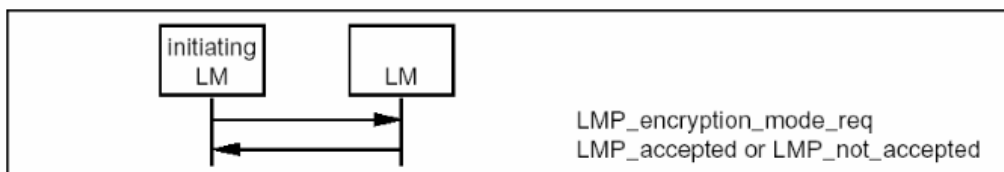


Figura 3-37. Cifrado con LMP

- Desconexión
  - La conexión entre dos dispositivos Bluetooth se puede cerrar en cualquier momento por el maestro o el esclavo.
  - Un parámetro razón se incluye en el mensaje para informar a la otra parte.

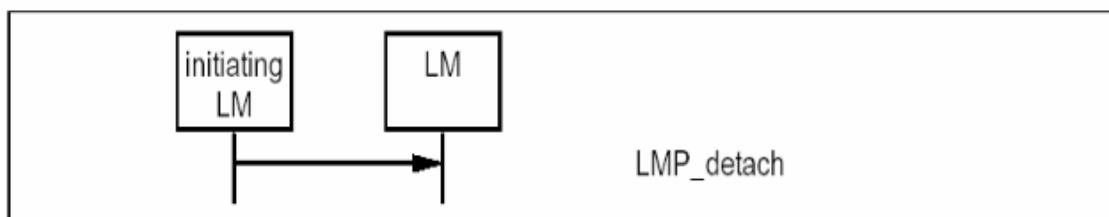


Figura 3-38: Desconexión con LMP

Pero aparte de los comandos ya mencionados, un LMP tiene los siguientes:

- Control de paquetes de múltiples segmentos
- Modos de bajo consumo
- Control de energía
- Calidad de Servicio
- Funciones soportadas
- Versión LMP
- Solicitud Nombre
- Modo de prueba

#### III.4.1.3.2. RUTEO EN GPRS

---

Como ya se dijo, GPRS, está basado en el protocolo IP. Desde la red pública ven al nodo frontera de GPRS (GGSN) como cualquier enrutador frontera, los datos son transmitidos desde el servidor m-learning a la red MANET sin saber lo que sucede dentro de GPRS.

Tal como se mencionaba antes en este trabajo, GPRS dispone de un protocolo de tunelamiento denominado GTP. El mismo se usa vía intra PLMN (del inglés public land mobile network), es decir sobre la misma PLMN, éstas son regiones administrativas asignadas a un MSC (del inglés mobile switching center, es un elemento de las redes de comunicaciones móviles GSM que tiene como función interconectar usuarios de la red fija con la red móvil, o usuarios de la red móvil entre sí) para conformar la forma jerárquica de GSM. [4]

También GTP se utiliza a través de diferentes PLMN, para poder ejecutarse, la comunicación se realiza a través de lo que se denomina Backbone GPRS, el cual contiene información específica del ruteo GPRS

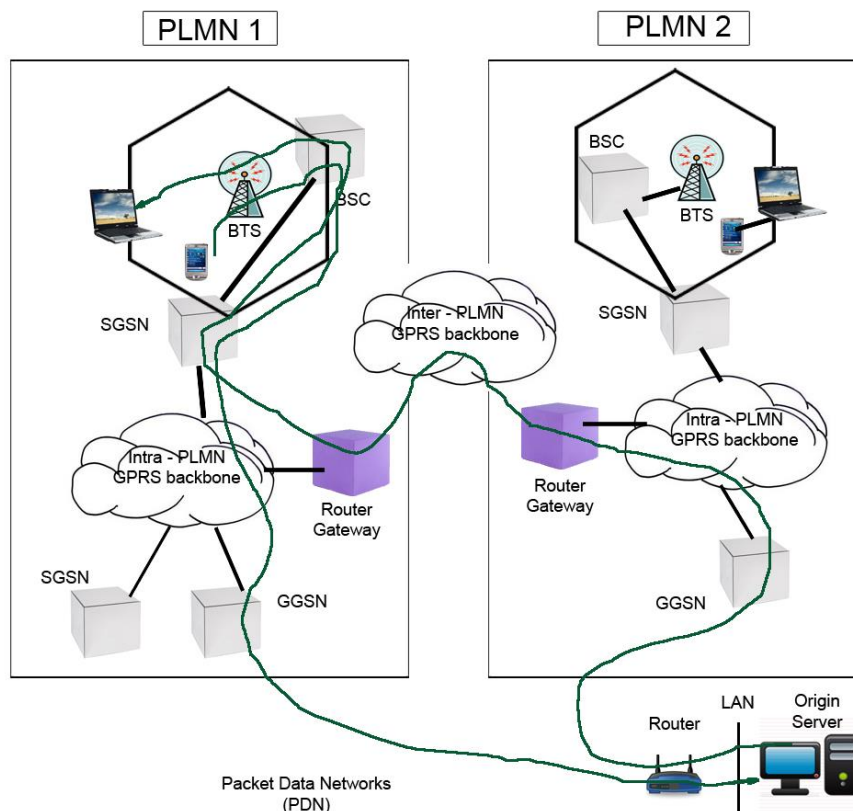


Figura 3-39. Ruteo en GPRS.

Explicación breve del ruteo

Por ejemplo, observando atentamente la figura: si se supone que la red de paquetes de datos es una red IP, cuando el móvil perteneciente a la MANET, ubicado en la PLMN 1, envía paquetes al servidor M-learning, La SGSN donde el móvil está registrado empaqueta el paquete IP proveniente del móvil y lo reenvía a través del Backbone GPRS que se da intra-PLMN hacia el GGSN apropiado. Luego de esto, éste nodo desencapsula los paquetes y los envía hacia la red IP, donde a través de los mecanismos apropiados de ruteo, se transfieren los paquetes al destino.

Ahora, supóngase que la MANET se encuentra en la PLMN 2 y la dirección IP ha sido asignada al móvil por GGSN de la misma PLMN. De esa forma, la dirección IP del móvil tiene el mismo prefijo de red que la dirección IP del GGSN de la PLMN 2. El Servidor M-Learning entonces envía paquetes IP al móvil, los paquetes son enviados afuera de la red IP y son ruteados por GGSN de PLMN 2. Si la red MANET estuviera en la PLMN 1, se encapsularía el paquete IP entrante y se lo entunelaría a través del backbone intra-GPRS para

el SGSN correspondiente en PLMN 1, luego éste lo desencapsula y lo entrega al móvil correspondiente.

### III.4.2. DISEÑO FÍSICO DE LA MANET

Para satisfacer a los requerimientos técnicos propuestos en el diseño lógico se propone la selección de las siguientes tecnologías.

#### III.4.2.1. TECNOLOGÍA WPAN: BLUETOOTH

Esta tecnología, presente en la mayoría de los dispositivos móviles, será la que permitirá establecer la conexión para formar la red MANET que dará lugar a la capa de acceso según la topología jerárquica. Es por esto que es imprescindible que los dispositivos involucrados en dicha red posean Bluetooth.

##### Distancias Bluetooth



Figura 3-40. Disposición de los clientes en el aula

##### Limitaciones

Puesto que se trata de dispositivos de clase 2, es decir, dispositivos que cuentan con una batería en su interior, la distancia máxima entre los mismos no debe superar los 10 metros. Diferente es el caso de los dispositivos cuya fuente de alimentación es la corriente

alterna (clase 1), donde la distancia entre nodo y nodo llega a una máxima de 100 metros. [13]

Dentro de otras limitaciones, Bluetooth 2.1 posee una velocidad de transferencia lenta, 3 megabits por segundo, por lo que el ancho de banda deberá dividirse para todos los dispositivos, haciendo lento el intercambio de archivos o el acceso a la web a través del dispositivo Gateway, recordando que la comunicación se realiza en full dúplex (envío y recepción simultánea). También hay que mencionar que podrían producirse problemas de interferencia ya que Bluetooth 2.1 trabaja en la misma banda de radio que se encuentra wifi, la cual es 2.4 GHz. Esto puede ocasionar la pérdida de la señal y posterior retransmisión por interferencias con conexiones inalámbricas de otro tipo. Por esto es preferible evitar el uso de cualquier otro tipo de conexión mientras la MANET esté siendo desplegada.

### Compatibilidad

Particularmente en Android, para los requerimientos en cuanto a sistema operativo se refiere, la funcionalidad de Bluetooth Tethering solamente puede emplearse de forma nativa (es decir, solamente con la configuración del teléfono, sin el soporte de alguna aplicación descargada del google play o con el rooteo en el dispositivo maestro a través de las iptables de Linux [54] a partir de la versión de Android 2.2: Froyo, por lo tanto, el dispositivo ruteador deberá contener un sistema similar o superior para realizar el anclaje de forma automática. Este problema no afecta a los dispositivos de media gama ya que la mayoría puede recibir internet vía Bluetooth.

---

#### III.4.2.2. TECNOLOGÍA DE RED CELULAR: GPRS

Esta tecnología es la que permitirá transportar los paquetes de datos entre el servidor m-learning a los dispositivos móviles y viceversa.

Los servicios que brinda GPRS son posibles gracias a la difusión de la tecnología móvil. Dicha tecnología, a su vez necesita de equipos y centros de mando para poder estar en funcionamiento. Para organizar dichos equipos es necesario contar con subsistemas, los mismos se denominan BSS (subsistemas de estación base). Dentro de los mismos existen antenas de telefonía móvil, o conocidas en la jerga de telefonía móvil como BTS (estaciones base). Para manipular estas antenas, como centros de mando existen las BSC (controladoras de estación base). [II.1.3.1.2]



En este apartado se describirá el diseño físico de las antenas existentes en el lugar de trabajo. Indicando particularidades en cuanto a sus características.

### Área de localización



Figura 3-41. Network Signal Info

En la figura 3-41 puede apreciarse la ubicación en el mapa de la antena existente en el lugar de las mediciones: Lavalle. Para comprender mejor la ubicación de esta antena, hay que tener en cuenta el significado de lo que se conoce como identificador del área de localización.

En GSM se usa ese identificador para describir el área de suscriptores móviles. Este identificador consta de 3 partes:

- MCC (código de país de móvil)
- MNC (código de la red móvil, por ejemplo CLARO, Peronal, Movistar, etc.)
- LAC (código de área de localización))

Si se tienen en cuenta los datos que figuran en el mapa, el valor del MCC es 722 puesto que es el código perteneciente a la Argentina, MNC es 310, correspondiente a la compañía CLARO y LAC tiene como valor 1606, código correspondiente al área que contiene las antenas en Lavalle.

#### Estado de la conexión

Se destaca el tipo de conexión prevalente, en este caso EDGE. También, figura la velocidad existente de este tipo de conexión en Lavalle, la cual es 220 kbps

En la figura de la derecha, se muestra todo lo mencionado en detalle. Además, figuran la potencia de la señal (determinada en dBm), el estado (conectado, desconectado) y la actividad de los datos (bajada, subida), como también la dirección IP (pública y local)

---

#### III.4.2.3. DISPOSITIVOS MÓVILES.

En este apartado se pretende definir las características técnicas de los dispositivos móviles utilizados en la conformación o despliegue de la red MANET. Se tratará de identificar aquellos rasgos relevantes para el armado de la red. A continuación, se destacan dos tipos de dispositivos a tener en cuenta:

- Dispositivos móviles de media y baja gama (se harán uso de los existentes en la zona): estos serán los clientes en la aplicación m-learning, los mismos deberán disponer de tecnología Bluetooth y GPRS como requisito fundamental, así como también tener la batería con la mayor carga posible.
- Dispositivo móvil de media o alta gama: este será el dispositivo que actúe como Gateway dando acceso a internet a los demás dispositivos que conforman la MANET. Deberá ser de media o alta gama ya que estos teléfonos poseen una mejor vida útil de la batería, así como también una mayor conexión a distintas tecnologías de red celular.

#### Dispositivos empleados en las mediciones

El dispositivo móvil utilizado como Gateway en los escenarios de pruebas cuenta con la siguiente configuración:

Tabla 3-14. Dispositivo gateway - especificaciones

<b>Equipo</b>	<b>Samsung Galaxy S4 GT-I9500</b>
<b>CPU</b>	Octa Core Procesador 1.6GHz Quad Core + 1.2GHz Quad Core
<b>RAM</b>	2GB
<b>SO</b>	Android 5.0.1 (Lollipop)
<b>Root</b>	SI
<b>2G</b>	850, 900, 1800, 1900 MHz
<b>3G</b>	HSDPA 42.2Mbps, HSUPA 5.76Mbps
<b>Batería</b>	Litio-ion, 2600 mAh
<b>Bluetooth</b>	V4.0 (BLE)

El dispositivo móvil utilizado como Cliente en los escenarios de pruebas cuenta con la siguiente configuración:

Tabla 3-15. Dispositivo cliente – especificaciones

<b>Equipo</b>	<b>Motorola Razr, XT910</b>
<b>CPU</b>	Dual-core 1.2 GHz Cortex-A9
<b>RAM</b>	1GB

<b>SO</b>	Android 4.1.2(Jelly Bean)
<b>Root</b>	NO
<b>2G</b>	850, 900, 1800, 1900 MHz
<b>3G</b>	HSDPA 42.2Mbps, HSUPA 5.76Mbps
<b>Batería</b>	Litio-ion, 1780 mAh
<b>Bluetooth</b>	V4.0 LE+EDR

#### III.4.2.4. SERVIDOR WEB

A continuación, se especifican las características del servidor web que aloja la aplicación m-learning para ser servida a los clientes de la MANET. Considere que este servidor es un servidor de prueba, por lo que las especificaciones podrían variar de acuerdo a las necesidades o a la finalidad que se le quiera dar a los procesos educativos.

Tabla 3-16. Características técnicas del servidor.

<b>Componente</b>	<b>Detalles técnicos</b>
<b>Procesador</b>	Intel I5-4440 3.1 GHz Cuatro núcleos – cuatro hilos.
<b>Memoria</b>	8GB DDR3 1866
<b>Disco rígido</b>	2TB 7200 RPM de velocidad – SATA3(6gb/s)
<b>Placa madre</b>	GIGABYTE GA-H97,-D3H
<b>Tarjeta de video</b>	Intel HD Graphics HDMI, DVI, VGA
<b>Sistema Operativo</b>	Debian GNU/Linux. Versión 8.3
<b>Software</b>	Apache 2.4.18

III.4.3. REPRESENTACIÓN EN UML.

A continuación, se representa al despliegue de la red MANET en notación UML (figura 3-42), más precisamente en un diagrama de despliegue, puesto que es el diagrama adecuado para esta clase de sistema (sistema cliente-servidor).

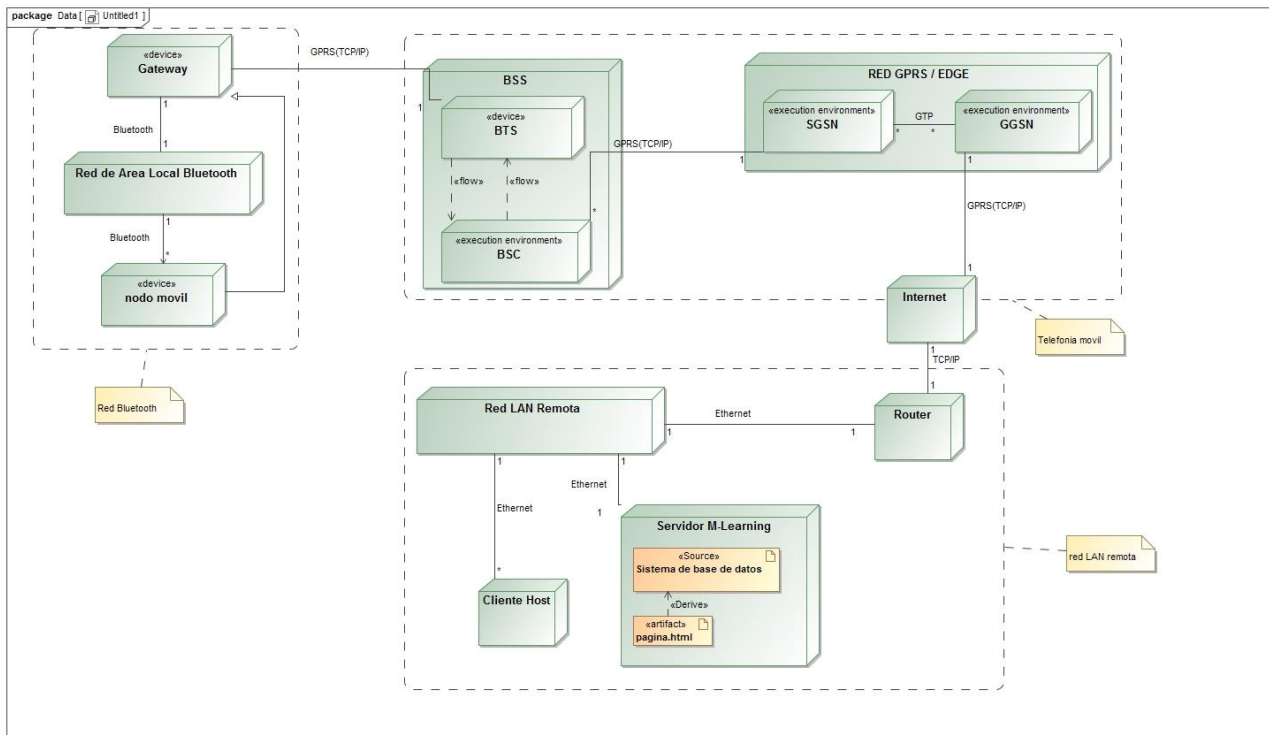


Figura 3-42. Diagrama comprimido de despliegue: modelo MANET-LEARN.

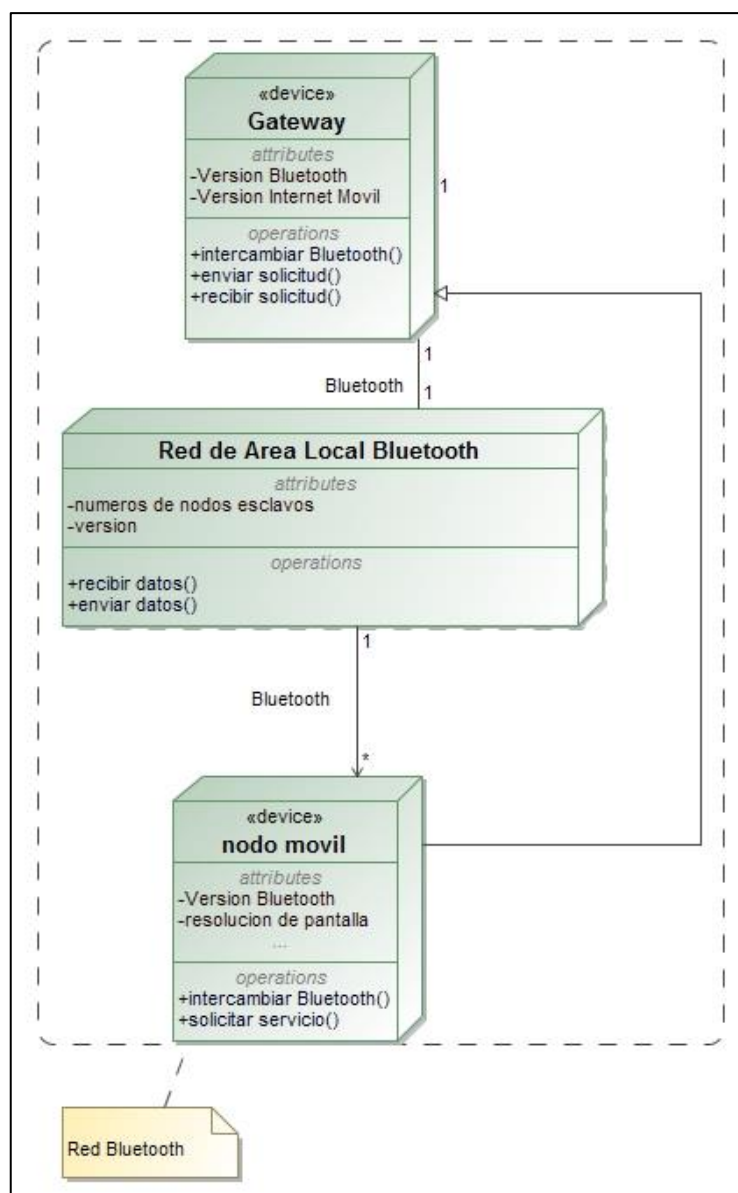


Figura 3-43. Diagrama de despliegue de red MANET.

### III.4.3.1. DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE DESPLIEGUE.

Como puede observarse en la figura anterior, el diagrama de despliegue está dividido en tres partes: la primera corresponde a la red de dispositivos que conforman la MANET, vinculados a través de Bluetooth. En dicha sección coexisten tres nodos: “Gateway”, “Nodo movil” y la “Red de Area Local Bluetooth”. Los dos primeros son pertenecientes a la clase Device, donde “Gateway” es una especialización de “Nodo móvil” (o nodo movil es una generalización de Gateway) debido a que además de las operaciones básicas de un nodo

móvil, tiene funciones correspondientes a un dispositivo frontera o puerta de enlace. Mientras que Red de Área Local Bluetooth es una representación del protocolo que vincula a los tipos de nodos mencionados anteriormente. En esta sección, Bluetooth es la asociación entre nodos, donde la multiplicidad varía de acuerdo a tipo de dispositivo (para el nodo “Gateway” la relación es de uno a uno).

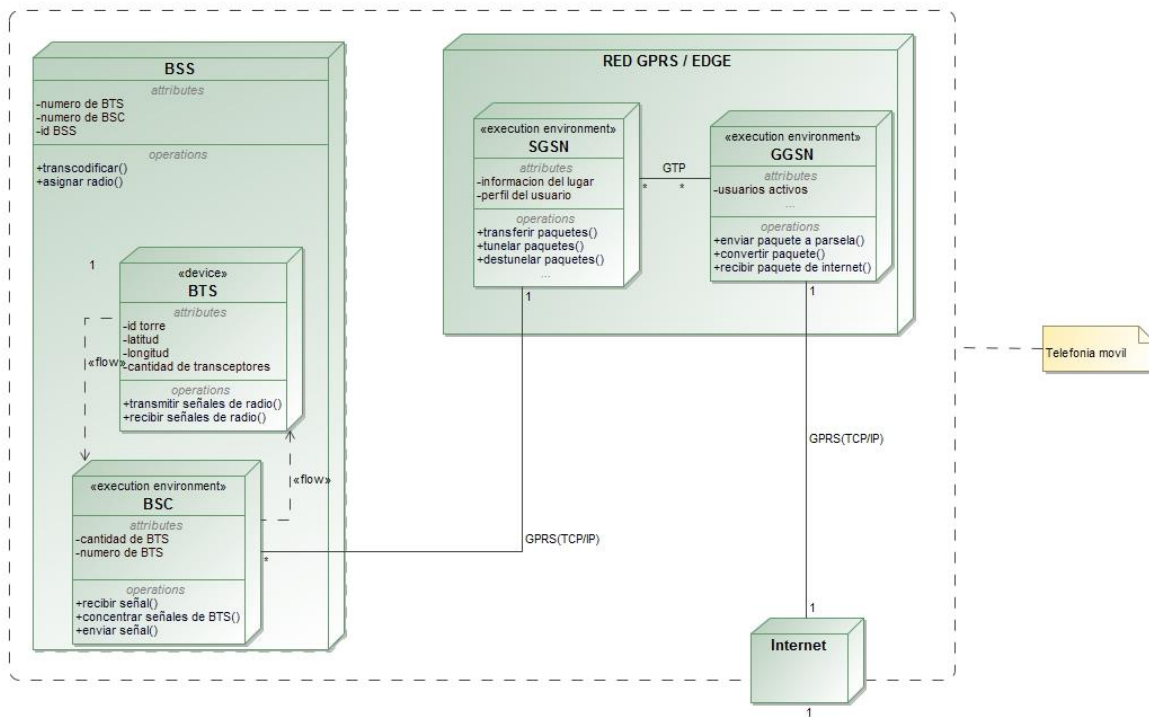


Figura 3-44. Diagrama de despliegue: red GSM.

La segunda parte del diagrama es la representación de la red GSM en sí, es decir, en este sector del grafico se representa la forma en que la MANET es provista de Internet mediante la tecnología 2G. En efecto, en este apartado se destacan nodos como BTS y BSC, los cuales son de tipo “device” y “entorno de ejecución”, respectivamente. La asociación entre estas dos entidades es, estrictamente, información. Mientras que el nodo “Red EDGE/GPRS” tiene que ver con la forma en que trabajan SGSN y GGSN para que la información, que luego viaja en forma de datagrama (IP), llegue a destino. La asociación en este caso, es GTP.

Es lógico pensar que debe existir un nexo entre las dos secciones descriptas. Este nexo se produce entre el nodo Gateway y las antenas BTS. La asociación en este caso se representa a través de GPRS.

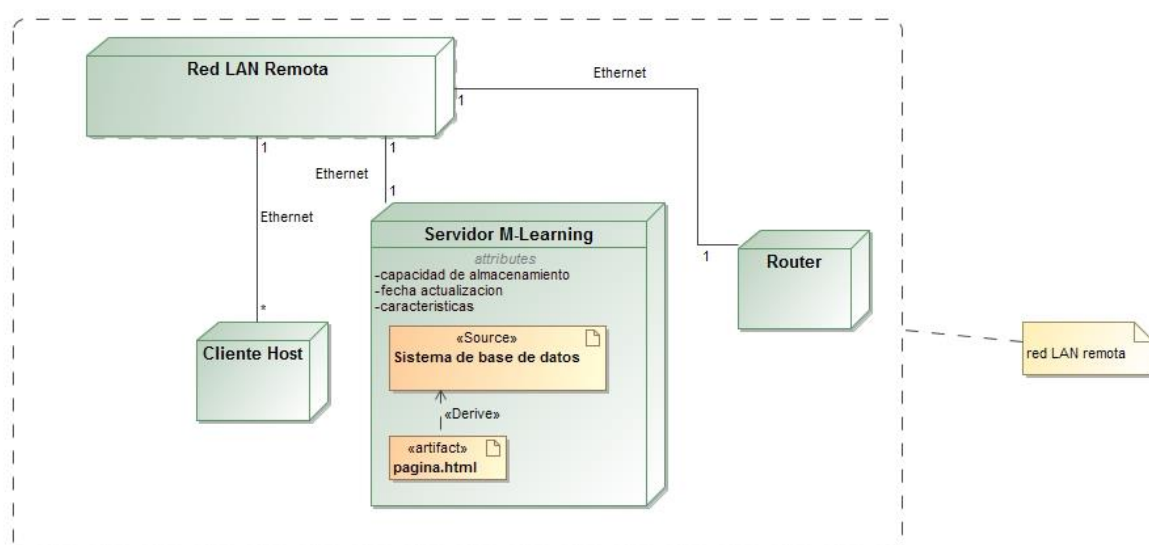


Figura 3-45. Diagrama de despliegue: red de Infraestructura.

En la última parte del diagrama, se representa la red donde está incluido el servidor de contenido m-learning. Esta red puede establecerse de muchas formas (puesto que no es materia de interés en este trabajo), sin embargo, en el gráfico está representada mediante una red cableada. (Ethernet).

Los artefactos, simbolizan básicamente software o aplicaciones que corren en cada nodo. En esta parte, el servidor m-learning responde a las solicitudes http que son requeridas por los nodos móviles pertenecientes a la red MANET. Con respecto a lo mencionado en el párrafo anterior, aquí sucede algo similar: a modo de ejemplo se estableció una comunicación cliente-servidor de tipo HTTP. El artefacto pudo haberse representado también con la descarga de un archivo de escaso tamaño.

#### III.4.3.2. ESPECIFICACIÓN DE COMPONENTES DEL DIAGRAMA DE DESPLIEGUE.

En este apartado se pretende dar una especificación técnica a cada elemento que compone el diagrama. [51]



Tabla 3-17: Nodos

PROPIEDADES DE LOS NODOS	
Nombre	Nodo móvil
Visibilidad	Red Bluetooth
Documentación	El nodo representa al dispositivo móvil que forma parte de la red MANET desplegada.
Rama	Falso
Raíz	Verdadero
Nodos Anidados	No tiene anidados
Componentes Residentes	No tiene
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versión de Bluetooth</li> <li>• Resolución de pantalla</li> </ul>
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intercambiar Bluetooth (se refiere al tramado de datos que se efectúa en la red a través del protocolo Bluetooth, contempla el envío, ruteo y recepción de paquetes)</li> <li>• Solicitar servicio (es cuando el nodo cliente solicita la comunicación con el servidor m-learning para la obtención de algún recurso (visualizar algún documento, acceder a alguna página, descargar algún archivo, etc.)). La solicitud se transporta en la red local a través de la operación anterior.</li> </ul>
Clase	Nodo común
Nombre	Gateway
Visibilidad	Red Bluetooth
Documentación	El nodo representa al dispositivo móvil que forma parte de la red MANET que se despliega y que hace las funciones de puerta de enlace para conectar con el servidor m-learning.
Rama	Verdadero
Raíz	Falso
Nodos Anidados	No tiene anidados
Componentes Residentes	No tiene
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versión de tecnología Bluetooth</li> <li>• Versión de tecnología de internet móvil (hasta que tecnología soporta el aparato: 2G, 3G, 4G, etc.)</li> </ul>
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intercambiar Bluetooth</li> <li>• Enviar solicitud (envía la solicitud de algún cliente móvil a través de GPRS)</li> <li>• Recibir solicitud (recibe la respuesta a la solicitud de algún cliente móvil, realizada anteriormente a través de GPRS)</li> </ul>

Clase	Dispositivo
Nombre	Red de área local Bluetooth
Visibilidad	Red Bluetooth
Documentación	El nodo representa a la red de área local desplegada con tecnología Bluetooth.
Rama	Verdadero
Raíz	Verdadero
Nodos Anidados	No tiene anidados
Componentes Residentes	No tiene
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versión de Bluetooth (la versión de Bluetooth vigente en las operaciones de toda la red local MANET)</li> </ul>
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intercambiar Bluetooth</li> </ul>
Clase	Nodo normal
Nombre	BTS (Base transceiver station)
Visibilidad	Red GSM
Documentación	El nodo representa a la estación base, que representa a las antenas que realizan el enlace con el usuario para hacer uso de los servicios de datos y de voz proporcionados por la telefonía móvil.
Rama	Verdadero
Raíz	Verdadero
Nodos Anidados	No tiene anidados
Componentes Residentes	No tiene
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Id de torre (la identificación de la estación base)</li> <li>• Latitud</li> <li>• Longitud</li> <li>• Cantidad de transceptores</li> </ul>
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmitir señales de radio</li> <li>• Recibir señales de radio</li> </ul>
Clase	Dispositivo
Nombre	BSC (Base station controller)
Visibilidad	BSS
Documentación	Este nodo es la inteligencia detrás de los BTS, como lo dicen sus siglas, es el encargado de controlar varias antenas transmisoras, en otras palabras, es el software que coordina el funcionamiento de los equipos de telefonía
Rama	Verdadero
Raíz	Verdadero
Nodos Anidados	No tiene anidados
Componentes Residentes	No tiene
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de BTS (cantidad de antenas que puede controlar)</li> <li>• Numero de BTS controlados (cantidad de antenas controladas)</li> </ul>

Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar señal (envía la señal de una antena (BTS) a otra o de una antena a un movil)</li> <li>• Recibir señal (recibe la señal de una antena a otra o de un movil a una antena)</li> <li>• Concentrar señales de BTS (concentra muchas conexiones BTS y las reduce para el MSC, que es el centro de intercambio movil)</li> </ul>
Clase	Entorno de ejecución
Nombre	SGSN (Serving GPRS support node)
Visibilidad	Red GPRS
Documentación	Es responsable de la entrega de paquetes de datos desde y hacia las estaciones móviles dentro de su área de servicio geográfica. Sus tareas incluyen el enrutamiento de paquetes y la transferencia, la gestión de la movilidad (conexión / desconexión y la gestión de la ubicación), la gestión de enlace lógico, y autenticación y las funciones de carga.
Rama	Verdadero
Raíz	Verdadero
Nodos Anidados	No tiene anidados
Componentes Residentes	No tiene
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información del lugar</li> <li>• Perfil de usuario</li> </ul>
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferir paquetes (direcciona y redirecciona paquetes a través de diferentes dispositivos)</li> <li>• Tunelar paquetes (permite el encapsulamiento de datos para dar paso a GTP y posibilitar el trafico GPRS)</li> <li>• Destunelar paquetes(desencapsulamiento)</li> </ul>
Clase	Entorno de ejecución
Nombre	GGSN (Gateway GPRS support node)
Visibilidad	Red GPRS
Documentación	El GGSN es responsable de la interconexión entre la red GPRS y las redes de paquetes conmutados externas (por ejemplo IP).
Rama	Verdadero
Raíz	Verdadero
Nodos Anidados	No tiene anidados
Componentes Residentes	No tiene
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuarios activos (indica aquellos usuarios dentro de la red GPRS/EDGE que se encuentran en condiciones de recibir paquetes desde Internet)</li> </ul>
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar paquete a parcela (guía al paquete dentro de la red GPRS/EDGE hacia el dispositivo frontera)</li> <li>• Recibir paquete de Internet (recibe un paquete desde internet y lo redirecciona hacia el usuario correspondiente dentro de la red GPRS)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Convertir paquete (encapsula el paquete en un datagrama IP o en cual sea el protocolo de Internet)</li> </ul>
Clase	Entorno de ejecución
Nombre	BSS (base station subsystem)
Visibilidad	Red GSM
Documentación	es el responsable de manejar el tráfico y las señales entre el nodo móvil y el subsistema de intercambio de red
Rama	Verdadero
Raíz	Verdadero
Nodos Anidados	BTS, BSC
Componentes Residentes	BTS, BSC, Gprs,flow
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Numero de BTS</li> <li>Numero de BSC</li> <li>Id BSS</li> </ul>
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transcodificar de canales de voz</li> <li>Asignar radio a teléfonos móviles</li> </ul>
Clase	Nodo común
Nombre	RED GPRS/EDGE
Visibilidad	Red GSM
Documentación	Son extensiones de GSM para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes.
Rama	Verdadero
Raíz	Verdadero
Nodos Anidados	SGSN y GGSN.
Componentes Residentes	SGSN y GGSN. Gtp y gprs.
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ancho de banda máximo</li> <li>Throughput</li> </ul>
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>--</li> </ul>
Clase	Nodo común
Nombre	Servidor M-Learning
Visibilidad	Red de área local remota
Documentación	Es el servidor que contiene recursos y que en el modelo MANET se encarga de facilitar los mismos cada vez que son requeridos por algún dispositivo componente de la red
Rama	Verdadero
Raíz	Verdadero
Nodos Anidados	Falso
Componentes Residentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de base de datos(source)</li> <li>Encapsular Ethernet(service)</li> <li>documento.HTML(artifact)</li> </ul>
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de almacenamiento</li> <li>Fecha actualización</li> <li>Características</li> </ul>

Operaciones	•
Clase	Nodo común

Tabla 3-18. Artefactos

PROPIEDADES DE ARTEFACTOS	
Nombre	Sistema de base de datos
Visibilidad	Servidor m- learning
nombre de archivo	Source
Documentación	Base de datos o registros almacenados en el servidor, en los mismos se encuentra todo el material educativo disponible.
Rama	Verdadero
Nodos Anidados	Falso
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas de la base de datos</li> <li>• Relaciones</li> <li>• Interfaces</li> </ul>
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar base de datos</li> <li>• Actualizar base de datos</li> </ul>
Nombre	Documento.HTML
Visibilidad	Servidor m- learning
nombre de archivo	Documento HTML
Documentación	Archivo HTML (contenido de una página WEB) contenido en la base de datos que es solicitado por un dispositivo móvil a través de una solicitud HTTP, valga la redundancia.
Rama	Verdadero
Nodos Anidados	Falso
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso en bytes</li> <li>• Descripción de página</li> <li>• Dirección</li> </ul>
Operaciones	•

## CAPÍTULO IV. DESPLIEGUE Y TESTEO DE MANET

### IV.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta el despliegue de la red MANET en funcionamiento con la aplicación m-learning “*Apprendiendo*”. El mismo se desarrolló en dos modos distintos. Primero se creó un piloto de prueba de la red, donde se corrió la aplicación m-learning de manera autónoma para poder efectuar mediciones con facilidad. Una vez recolectados los datos necesarios se procedió a correr la aplicación de manera manual mediante interacción con maestros y alumnos, allí no solo se midió el rendimiento de la red sino también el grado de amigabilidad de la aplicación.

### IV.2. DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN M-LEARNING.

La creación de una red de área personal siempre trae consigo una finalidad. En este caso la creación de una red Ad Hoc en una zona de las características ya descritas, tiene como objetivo principal es el de crear un nexo virtual entre alumnos y recursos educativos almacenados en servidores, ubicados en zonas urbanas.

Debido a que el acceso a internet mediante red de telefonía celular está limitado a 2G. Las posibilidades se reducen a interactuar con archivos de pequeño tamaño (jpeg, gifs, txt, png, etc.) o aplicaciones web sin mucha carga multimedia, prácticamente elaboradas sólo con texto plano.

---

#### IV.2.1. INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN “APPRENDIENDO”

*Apprendiendo* es una aplicación web creada por los autores de este trabajo que presenta similitudes con el popular juego “Preguntados” [35], a excepción de que el motivo de la app es exclusivamente de índole educativa. Más precisamente, la idea se basa en responder cuestionarios de forma lúdica, siguiendo la modalidad de multiple-choice.

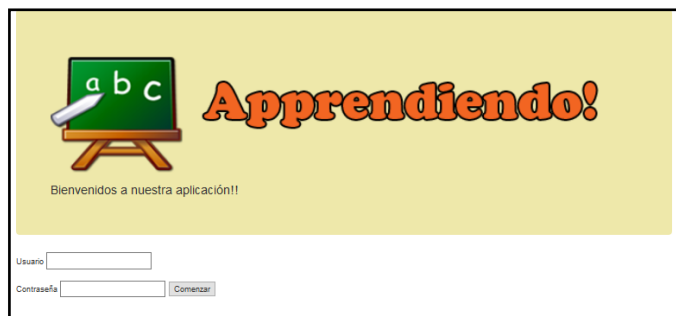


Figura 4-1. Aplicación “Apprendiendo”

Está adaptada para el entorno móvil. Diseñada con la premisa de ser apta de ejecutarse bajo condiciones de escasa velocidad de conexión, por lo cual es bastante sencilla y liviana en cuanto a contenido multimedia se refiere. Existe dos tipos de usuarios, uno corresponde al diseñador del cuestionario (comúnmente identificado como el profesor o maestro responsable) y otro al jugador (identificado como el alumno). Por lo tanto, la App tendrá dos tipos de roles.

A continuación, se describen aspectos técnicos de “Apprendiendo”:

Tabla 4-1: Usuarios de prueba en la aplicación

<b>URL de la app:</b>	<a href="http://mlearning.no-ip.net:8080/mlearning">mlearning.no-ip.net:8080/mlearning</a>
<b>usuario para el maestro:</b>	maestro
<b>contraseña para el maestro:</b>	maestro
<b>usuario para el alumno:</b>	alumno
<b>contraseña para el alumno:</b>	alumno

*Apprendiendo* es una aplicación web adaptativa, es decir, se adapta a cualquier dispositivo desde el que se esté accediendo. Para su desarrollo se necesitó contar con ciertas tecnologías, las mismas se enumeran a continuación:

- Bootstrap V3.3.5 (Responsive Design Framework)
- HTML 5
- Motor de base de datos: MySQL.

- PHP V5.6.11
- Editor de código fuente: notepad++.

---

#### IV.2.2. MODALIDAD DUAL PARA LA APLICACIÓN

En este trabajo se tienen en cuenta dos tipos o escenarios de implementaciones:

- Piloto de red.
- Entorno interactivo (implementación real que tiene interactividad con el profesor y alumnos).

Por ende, la aplicación debe poseer dos tipos de configuraciones a efectos de interactividad hacia la misma, puesto que los actores cambian.

---

##### IV.2.2.1. ENTORNO PILOTO DE RED (MODO AUTOMÁTICO).

Con el fin de realizar las mediciones de manera más eficiente se desarrolló un “robot”, que no es otra cosa que un script, el cual permitió que la aplicación se navegue por sí sola recolectando de manera automática datos relevantes de análisis como ser: tiempo de carga de cada página.

El piloto de Red, consiste en la automatización del proceso de juego correspondiente al rol de alumno en la aplicación. Es decir, el script, permitió que la opción “jugar” se navegue por sí sola ingresando solo la url de la aplicación: <http://www.mlearning.no-ip.net:8080/mlearning/automatico>, proceso que se detiene solo al cerrar la pestaña del navegador.

Las figuras 4-3, 4-11, 4-12 y 4-13 representan las distintas páginas que fueron automatizadas, las mismas abarcan desde el proceso de “login” hasta la resolución de un cuestionario.



### IV.2.2.2. ENTORNO INTERACTIVO (MODO MANUAL).

Para el entorno interactivo se requirió la participación de los alumnos y el docente. De esta manera, cada tipo de usuario (docente y alumno) exploró las distintas opciones que le ofrece la aplicación. El docente elaboró un cuestionario que fue respondido por los alumnos en reiteradas oportunidades. Estas interacciones arrojaron tiempos de latencia que fueron cargados en una base de datos para su posterior análisis.

### IV.2.3. INTERFACES DE LA APLICACIÓN

A continuación, se presentan las distintas interfaces de la aplicación:



Figura 4 - 2. Página principal.

La figura 4-2 muestra la interfaz que presenta la bienvenida a la aplicación. En ella se muestra la opción iniciar sesión. Cuando el inicio de sesión se lleva a cabo, la interfaz de las siguientes pantallas dependerá del tipo de usuario que puede ser alumno o docente.

#### Modalidad Docente

En la figura 4-3 se muestran tres opciones:

- Definir cuestionario, donde se crean los cuestionarios.
- Listar cuestionarios, dónde se muestra en pantalla todos los cuestionarios creados hasta el momento.
- Despedirse, que da fin a la sesión del docente.



Figura 4 - 3. Opciones disponibles en modalidad docente.



Figura 4 - 4. Opción listar cuestionarios en modalidad docente.

En la figura 4-4 se muestra la opción desplegada de “listar cuestionario”. En ella se muestran los cuestionarios en forma de columna y su respectiva opción de “eliminar cuestionario”.



Figura 4 - 5: Opción definir cuestionario en modalidad docente

En la figura 4-5 se define el nombre del cuestionario.



Figura 4 - 6. Opción “definir preguntas” en modalidad docente



Figura 4 - 7. Opción “selección de pregunta para establecer respuestas posibles” en modalidad docente

En la figura 4-6, se procede a definir las preguntas que componen el cuestionario. Una vez completado esto, para grabar las preguntas, se presiona “grabar”.

En la interfaz de la figura 4-7, se procede a seleccionar cada pregunta con el fin de elegir las opciones que contemplarán el “multiple choice”, una vez culminadas todas las preguntas, se presiona el link “He terminado”.



Figura 4 - 8: Opción definir respuestas para una pregunta en modalidad docente

En la figura 4-8 se procede a rellenar las opciones que formarán parte de las alternativas de respuesta a la pregunta seleccionada. Una vez concluido esto, se presiona siguiente.

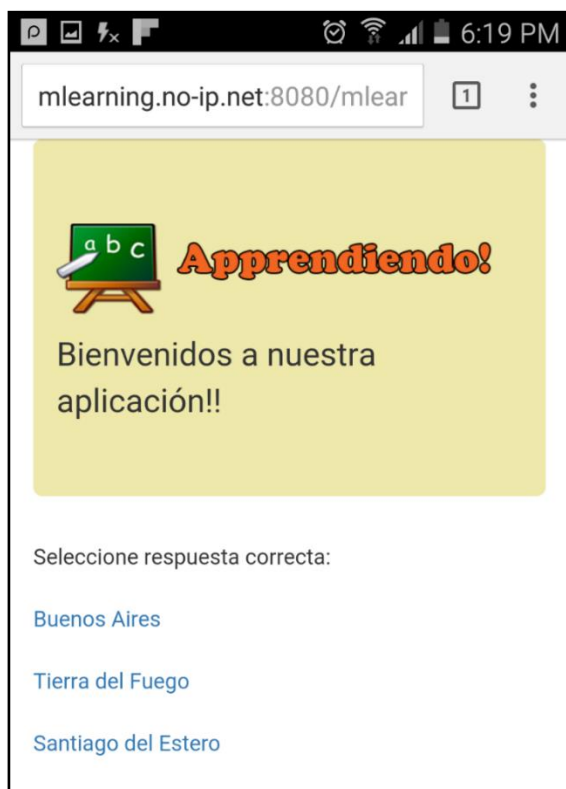


Figura 4 - 9. Opción definir respuesta correcta en modalidad docente.

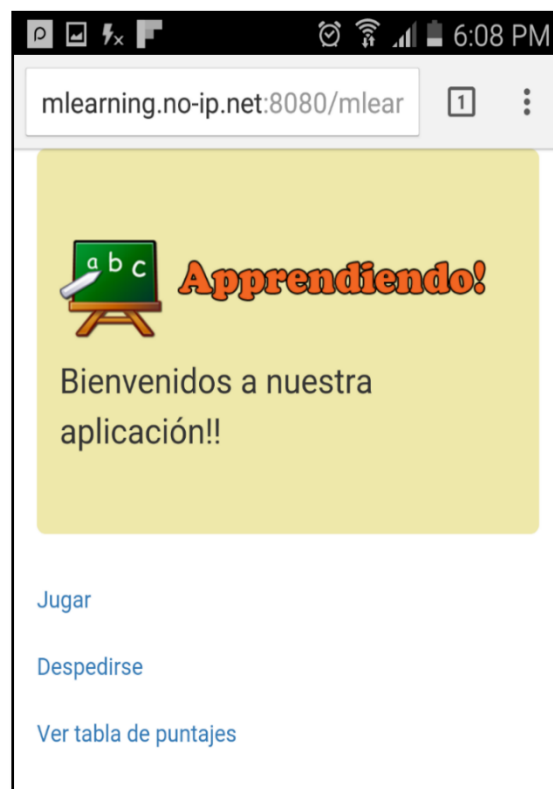


Figura 4 – 10: Opciones disponibles en modalidad alumno.

En la figura 4-9 la aplicación solicita que se elija la respuesta correcta. Una vez seleccionada, se vuelve al menú de preguntas para seguir con otra hasta terminar el cuestionario.



Figura 4-11. Opción jugar, disponible en modalidad alumno.

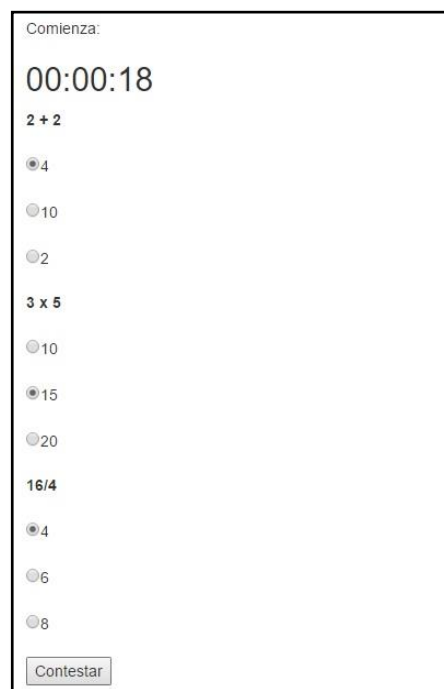


Figura 4-12. Responder cuestionario, disponible en modalidad alumno.

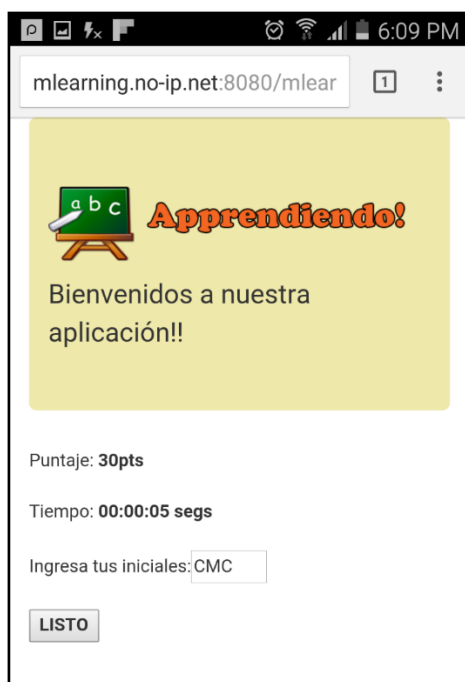


Figura 4-13. Definir iniciales, disponible en modalidad alumnos.



Figura 4 – 14. Tabla de posiciones.

### IV.3. DESPLIEGUE DE PILOTO DE RED

En este apartado se define el lugar de trabajo, es decir, la zona donde se desarrolló el estudio, la cual cumple con las premisas determinadas anteriormente en este documento. De manera similar, se identificarán aquellas herramientas que sirvieron para el despliegue de la MANET en dicho lugar, identificando los dispositivos componentes, la tecnología implicada en la conexión, los tiempos de prueba y las aplicaciones usadas para las mediciones.

---

#### IV.3.1. SÍNTESIS DEL LUGAR DE TRABAJO

El despliegue para este entorno se llevó a cabo en la localidad de Lavalle, departamento Guasayán, provincia de Santiago del Estero. La misma cuenta con las condiciones necesarias para que la red MANET desplegada pueda hacer uso de una conexión a internet que otorgue el ancho de banda necesario para permitir la correcta interacción entre el usuario y la aplicación web.

##### **Breve reseña del lugar**

Lavalle es una localidad del noroeste argentino. Se encuentra dividida entre el Departamento Santa Rosa de la Provincia de Catamarca, y el Departamento Guasayán de la Provincia de Santiago del Estero. Se encuentra en el cruce de la Ruta Nacional 64 y la Ruta Nacional 157.



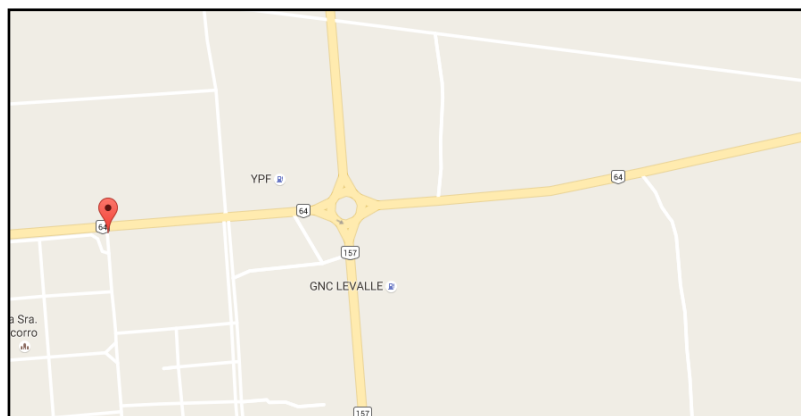


Figura 4 – 15. Ubicación de Lavalle.

Según los datos recientes obtenidos por el organismo INDEC (Instituto Nacional De Encuestas Y Censos), Lavalle cuenta con 2.346 habitantes (censo efectuado en 2010) lo que representa un descenso del 2,3% respecto de los 2.403 en 2001, esto representaba un incremento del 47,96% frente a los 1.624 habitantes, del censo anterior 1991. En 2001, 1.617 habitantes, estaban en la jurisdicción de Santiago del Estero y 786 habitantes, en Catamarca.

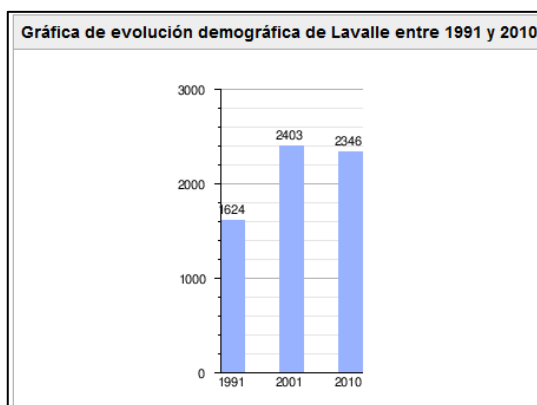


Figura 4-16. Evolución demográfica del lugar de despliegue

### Antenas existentes

Actualmente, Lavalle cuenta con antenas de todas las empresas de telefonía móvil vigentes en la Argentina. Sin embargo, lo que difiere entre estos servicios es la generación de la tecnología brindada.

Es así que, la empresa de Claro es la única que no posee una antena 3G. Por lo cual, las mediciones efectuadas se realizaron en base a los servicios de estas antenas.

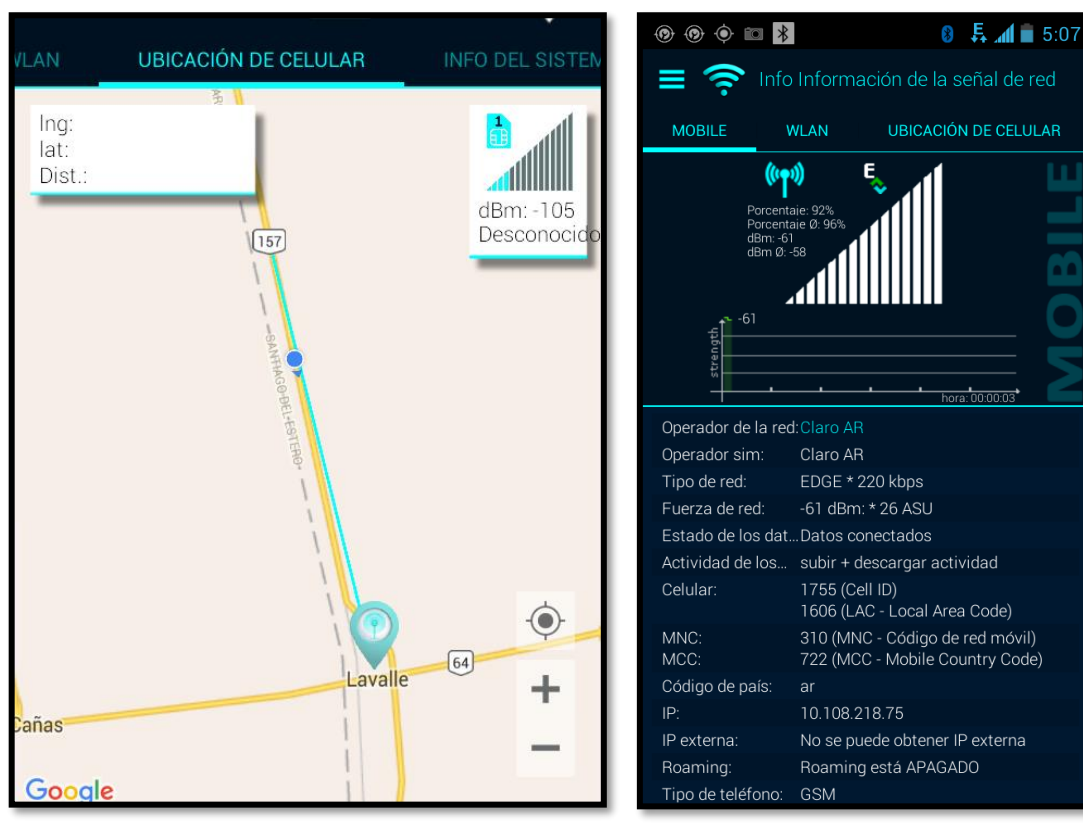


Figura 4-17: Ubicación celular obtenida con Network Signal Info

En la figura se muestra la ubicación de una antena Claro, la misma muestra la latitud y la longitud, como así también la distancia entre el dispositivo y la misma (parte superior izquierda de la figura 4-12). En otra parte de la figura se muestra la intensidad de la señal, tecnología celular (EDGE en este caso).

### Conexiones a internet alternativas

Al lugar no llega el cableado de operadores telefónicos que podrían llegar a brindar un servicio de conexión ADSL. Por lo tanto, el servicio de internet que prevalece en la zona es Internet por Satélite.

El servicio de Internet por satélite que existe en el lugar no es muy económico, presenta precios de hasta 500 pesos por la velocidad máxima de transferencia que pueden brindar, la cual es de 1 mega.

Con internet por satélite, en lugar de una línea telefónica, hay que instalar en casa una antena parabólica. Ésta enviará y recibirá e-mails y páginas web a alguno de los satélites que sobrevuelan el planeta. Entre la computadora y la antena hay un router. A éste se conecta mediante WiFi o un cable, como se lo haría normalmente con el ADSL. [1]

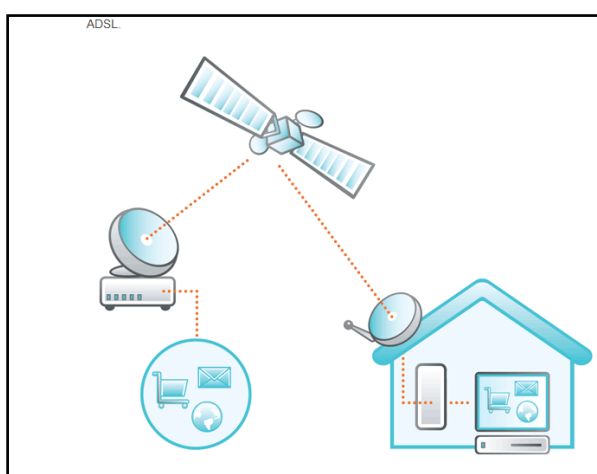


Figura 4 - 18. Internet de satélite

---

#### IV.3.2. PRESENTACIÓN DE DISPOSITIVOS.

Para el despliegue se utilizaron dos dispositivos, de los cuáles, uno cumplía el rol de maestro y otro de esclavo. Se trabajó con Smartphones de alta gama, puesto que para las mediciones que sirven al piloto se necesitaban un conjunto de herramientas software que solamente eran compatibles con estos dispositivos.

Cabe destacar, que el uso de dispositivos de alta calidad no altera la perspectiva real del lugar, puesto que las condiciones no cambian y el consumo de las tecnologías implicadas es el mismo.

Como sabemos, el eje central de este trabajo es el uso de dispositivos de media gama, es decir, dispositivos comunes a los alumnos o personas del lugar. Tal eje se reflejará en el capítulo referido a la implementación real.

#### Dispositivo Maestro.

El celular que cumplió la función de maestro en las pruebas de piloto es el Motorola Razr XT910.

Este dispositivo cumple con el requisito de una antena que permite la conexión a la red 2G (GSM), también dispone de Bluetooth. Además, el dispositivo puede ser actualizado hasta la versión de Android 4.1.2, “Jelly Bean”, lo que indica que cuenta con la funcionalidad de Bluetooth Tethering. Todos estos aspectos determinan que el dispositivo es apto mínimamente para cumplir el rol de nodo maestro.

Cabe destacar que ninguna aplicación fue instalada en el nodo maestro, ya que las pruebas debían efectuarse sobre el dispositivo esclavo, como así también, el ancho de banda debía tener un mayor porcentaje en los Smartphones esclavos. El maestro, solamente, debe hacer las veces de dispositivo “ruteador” y cumplir la función de Gateway, por lo que con una conexión a internet y la compartición de internet vía Bluetooth, es suficiente.

#### Dispositivo Esclavo:

Para el rol de esclavo se alternó entre dos dispositivos, los mismos fueron: Motorola Moto E XT1021, y Samsung Galaxy S3 Mini GT-i8190.

---

#### IV.2.3. RUTINA DE DESPLIEGUE.

A continuación, se detallarán los pasos para desplegar la red MANET:

Dispositivo maestro:

- Encender el dispositivo.
- Detener o “matar” aquellas aplicaciones innecesarias, especialmente las que consuman ancho de banda de internet.
- Desactivar Cualquier tipo de conexión, a excepción de los datos móviles y Bluetooth.
- Configurar los datos móviles de tal forma que el tipo de red se restrinja solamente a 2G.
- Configurar Bluetooth de tal forma de que el nodo maestro sea visible para cualquier otro dispositivo.
- Activar la función de anclaje automático a través de “Bluetooth Tethering”.

Dispositivos esclavos:

- Encender el dispositivo.
- Detener o “matar” aquellas aplicaciones innecesarias, ajenas a las pruebas de medición.
- Desactivar todo tipo de conexión, a excepción de Bluetooth.
- Unirse a la red MANET a través de la vinculación al dispositivo Maestro (Para esto, se hace la búsqueda de dispositivos vía Bluetooth).
- Una vez agregado el maestro a la lista de dispositivos vinculados vía Bluetooth, se activa la función de compartición de Internet por tal vía.

#### IV.4. TESTEO DE RED.

En esta sección se detallará el trabajo realizado exclusivamente en el entorno automático, volcando todo lo referido a la experiencia desarrollada con los factores descriptos en el contexto.

Recordando que para el piloto automático se ponen en manifiesto 4 páginas estándar, se pone en marcha el desarrollo de las mediciones.

#### IV.4.1. CONSIDERACIONES PARA MEDIR.

A continuación, se destacan algunas observaciones:

##### IV.4.3.1. DIFERENCIA ENTRE EL TIEMPO CALCULADO Y EL TIEMPO DEL NAVEGADOR

Cada página tiene un peso específico, medido en bytes. Por lo tanto, la demora que se produce en su acceso depende en gran medida de ese tamaño. Demora, que, en el diseño de piloto queda registrada en una base de datos asociada a la fecha del acceso, además de la identificación de la página correspondiente. Estos datos figuran en la interfaz de las páginas (figura 4-15), siendo un indicativo para la persona que presencie la prueba. Esta información es útil en esta etapa para la obtención de la latencia y throughput. En la tabla 4-2 se muestran dichas especificaciones.

Tabla 4 - 2. Tabla de pesos de las páginas

<b>Página</b>	<b>Peso en Bytes</b>
1	2640
2	1970
3	2770
4	3890

A la hora de determinar el tiempo de demora (elipse azul de la izquierda en la figura 4-15) y la fecha (la cual incluye en su formato la hora), que figuran en la interfaz de la aplicación (rectángulo fucsia en la figura 4-15), se comparó con los tiempos que arrojaba el navegador al momento de acceder a cada página (elipse azul de la derecha en la figura 4-15), concluyendo que éstos discrepan. Esta diferencia se produce porque los tiempos calculados con la aplicación se efectúan una vez cargado el archivo html, en cambio el

navegador suma este tiempo de carga y lo acopla al total (rectángulo verde en la figura 4-15).

Sí bien no es una diferencia significativa, era necesario considerar esos tiempos para realizar una medición más realista del piloto, con el fin de elaborar conclusiones más precisas sobre la latencia y throughput.

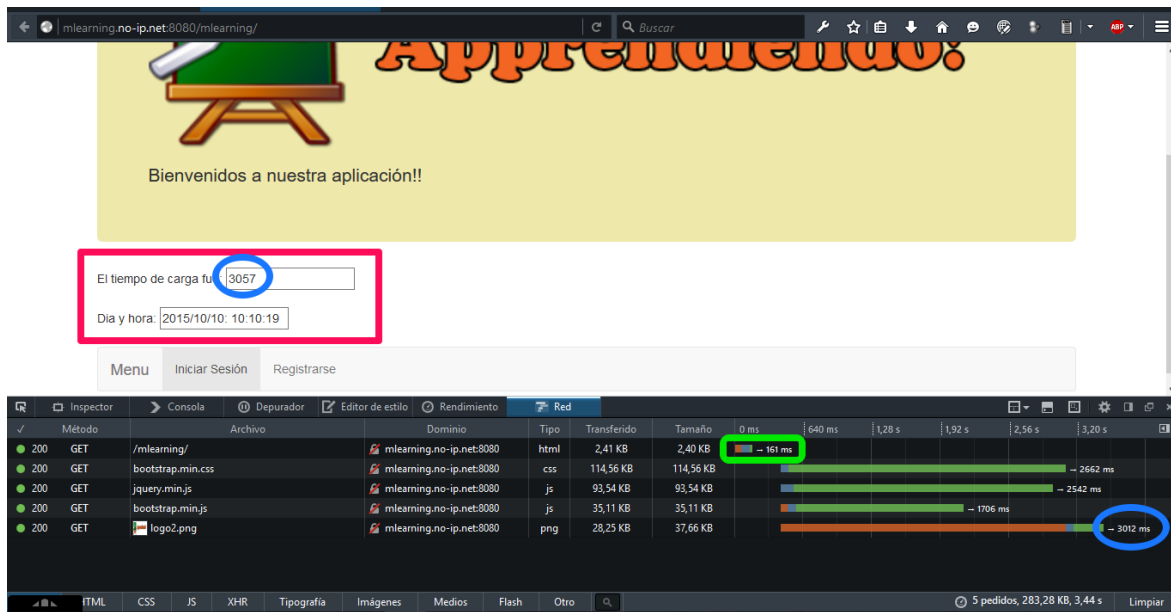


Figura 4 - 19. Diferencias entre tiempos de *Apprendiendo* y el navegador

En síntesis, lo que se hizo fue: generar una muestra de 20 cargas por cada página, sustrayendo la diferencia entre los tiempos de carga entre aplicación y navegador, obteniendo el porcentaje de tiempo que le faltaba a la app para alcanzar al tiempo del navegador. Tomando el ejemplo de la figura anterior, se interpreta de la siguiente manera:

$$3,44s = 3440 \text{ ms}$$

$$3440 - 3057 = 383 \text{ ms}$$

$$383 \text{ ms es el } 11,13 \% \text{ de } 3440 \text{ ms}$$

Continuamente, se promediaron esas diferencias (para conocer los cálculos, ver anexo), obteniendo por cada página un número representativo, el cual se adiciona en cada medida obtenida con la aplicación. A continuación, se observan los resultados de dichos cálculos:

Tabla 4 - 3. Promedios de demoras

<b>Cargas</b>	<b>Páginas</b>			
	<b>Página 1</b>	<b>Página 2</b>	<b>Página 3</b>	<b>Página 4</b>
<b>1</b>	4,94	59,49	78,52	46,98
<b>2</b>	47,66	64,12	29,46	16,97
<b>3</b>	50,89	48,12	59,25	26,64
<b>4</b>	41,00	42,68	34,60	19,71
<b>5</b>	48,49	57,42	29,54	16,83
<b>6</b>	34,92	65,68	22,48	20,74
<b>7</b>	52,74	36,47	64,29	15,49
<b>8</b>	27,24	50,03	27,52	26,08
<b>9</b>	47,18	57,98	28,21	40,86
<b>10</b>	31,69	40,24	51,81	28,83
<b>11</b>	25,44	40,68	34,07	33,59
<b>12</b>	46,01	42,62	23,50	26,95
<b>13</b>	32,80	45,76	24,61	27,86
<b>14</b>	30,80	57,86	34,13	27,97
<b>15</b>	23,34	64,04	21,30	14,72
<b>16</b>	47,77	36,05	16,21	48,34
<b>17</b>	24,34	37,92	31,22	26,48
<b>18</b>	34,63	39,64	27,70	26,15
<b>19</b>	79,26	41,09	26,15	39,38
<b>20</b>	16,98	36,10	21,86	22,06
<b>Promedio total</b>	37,41	47,85	35,42	27,71



#### IV.4.1.2. DESCRIPCIÓN DE RUTINA.

Para trabajar se emplearon 7 días, distribuidos en 10 horas cada uno. Se contempló el segmento de 8 am hasta 18 pm. La razón para tomar este intervalo de tiempo se fundamenta en que se debían desarrollar las pruebas en horarios donde el tráfico de red sea considerable (por las noches el tráfico disminuía), además de que coincidía con los horarios de clases de los chicos del lugar.

Antes de empezar todas las rutinas, se establecía el nexo entre el dispositivo esclavo y el servidor, es decir, se formaba una comunicación extrema a extremo, según la configuración de canal utilizada (http entre cliente y servidor m-learning).

#### IV.2.1.2.1. RUTINA PARA LA LATENCIA

---

Para efectuar la rutina que determina la latencia, se usaron dos aplicaciones: Ping&DNS y HTTPing. La diferencia principal entre éstos dos radica en que Ping&DNS envía paquetes ICMP a una determinada IP, mientras que HTTPing hace solicitudes HTTP a una determinada dirección.

Otra discrepancia se encuentra en que Ping&DNS usa variables como el tiempo de vida (TTL) y el tamaño del paquete. Por su lado, HTTPing maneja una variable denominada “timeout”, la cual es el tiempo que espera el origen la respuesta del destino.

Existe otra variable en HTTPing, llamada “interval” (en Ping&DNS hay una similar denominada “Pause Between”), que es la espera entre envíos consecutivos. Si el tiempo de conexión supera lo estipulado por “timeout”, entonces el envío se descarta.

#### Rutina para Ping&DNS:

- Ejecutar la aplicación Ping&DNS.
- Ingresar la ip pública del servidor M-Learning en la ranura con el rotulo “Enter host name or IP”.

- En la etiqueta “Ping:”, seleccionar “IPV4”
- En “Ping Options” especificar el TTL y el tamaño de paquete en 64 y 56, respectivamente.
- Con un número de 50 pings, iniciar el “pingeo”.
- Repetir la acción del ping recurrentemente en intervalos variables de tiempo, hasta terminar la jornada de pruebas.
- Guardar los resultados en formato de pdf con la opción “Save Results” (guarda todos los pings efectuados).
- Borrar las pestañas (“Tabs”).

#### Rutina para HTTPing.

- Ejecutar la aplicación HTTPing.
- Configurar la cantidad de pings, el “timeout” y el “interval” (presionar botón de opciones del celular, continuamente “Setup”).
- Definir una cantidad de pings igual a 50, la variable “timeout” en 5 y la variable “interval” en 1 (sucedido esto, presionar “OK”).
- Ingresar la IP pública del servidor M-Learning en la ranura con la etiqueta “URL:”.
- Iniciar el “Pingeo” (mediante el botón “Go!”).
- Guardar los resultados (mediante opción “Share”).

\* No hay una opción por defecto para guardar los resultados, pero se los puede compartir mediante cualquier vía del teléfono (Bluetooth, redes sociales, por medio de notas, etc.). En las pruebas, lo que se usó fue la aplicación de notas de texto nativa del teléfono.

Nota: nótese que no se especificó una IP cuando se detallaban las rutinas, esto es porque el servidor donde está alojada la aplicación posee internet de un ISP que otorga IPs dinámicas. Por lo tanto, las pruebas se hicieron con diferentes IPs, pero la dirección física fue la misma.

#### IV.4.1.2.3. RUTINA PARA EL THROUGHPUT.

---

Para la obtención de esta medida se utilizaron los tiempos generados en la versión robot de la aplicación figura 4-15, además de los pesos de las páginas.

Esta etapa fue efectuada luego de cada jornada de medición, con ayuda de los resultados obtenidos y luego almacenados con el acceso al robot.

##### Rutina para determinar el throughput:

- Con las pruebas de un día hechas, se extraen los tiempos de la base de datos contenida en el servidor.
- Para cada página se extraen los tiempos calculados y se los divide por el peso respectivo de la página [tabla 4-2].
- Estos cocientes determinan el throughput de una página en un determinado tiempo (obtenido y almacenado también con el robot).
- Posteriormente, se obtuvieron medidas de interés (promedios, máximos, mínimos, etc.).

#### IV.3.1.2.3. RUTINA PARA EL CONSUMO DE ENERGÍA

---

A continuación, se enumeran los pasos necesarios para efectuar una medición de un día:

- Ejecutar la aplicación Powertutor.
- Arrancar el monitoreo de consumo de energía (Pulsar “Start Profiler”)
- Generar tráfico entre el Cliente y el Servidor, utilizando la aplicación y el mecanismo según el tipo de medición a efectuar (Aplicación web en ejecución/Http Get)
- Detener Powertutor (Pulsar “Stop Profiler”)
- Guardar el “log” de Powertutor (Powertutor almacena en un archivo de texto (*log*) el consumo de energía detallado por aplicación y componente del sistema. En el capítulo

II se detalla el funcionamiento de esta aplicación y en el anexo 2 se describe detalladamente el análisis de un archivo log. ) (Pulsar Menú -> Save Log)

- Copiar el “log” generado por “Powertutor”.
- Copiar el “log” generado por la aplicación utilizada para la medición.
- Analizar y procesar los archivos de “logs”.
- Promediar resultados.

---

#### IV.3.2. EXTRACCIÓN DE RESULTADOS.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos y se describe el procedimiento de extracción para obtener las medidas.

---

##### IV.4.2.1. RESULTADOS PARA LATENCIA.

Como se mencionaba anteriormente, para determinar la latencia se usaron las aplicaciones Ping&DNS y Httping, a través de paquetes ICMP y solicitudes HTTP respectivamente.

Teniendo en cuenta las diferencias entre las aplicaciones para manejar solicitudes, se detallarán las correspondientes diferencias en el análisis.

A continuación, se describen los mecanismos de obtención de resultados correspondientes.

##### Paquetes ICMP

Recordando que para completar la rutina de Ping&DNS se guardan los resultados en un archivo pdf, a continuación, se muestra una línea del documento generado:

64 bytes from 181.199.150.190: icmp\_seq=1 ttl=45 time=861 ms

*Observaciones:*

- Lo que va antes de la palabra reservada “from”, es el tamaño total del paquete ICMP. Como se describe en **4.2.2.2.1.**, el tamaño del paquete es de unos 56 bytes, sumados los 8 bytes de la cabecera ICMP, redondean 64 bytes.
- A continuación de “from” se denota la dirección IP a la cual se hace la solicitud de echo ICMP, seguida de la secuencia correspondiente identificada con la variable “icmp\_seq” (Recordando que la rutina cuenta con unas 50 iteraciones).
- “Ttl” informa el tiempo de vida resultante del paquete. En este caso el ttl es igual a 45 de un total de 64 en su estado inicial.
- Al final se muestra el dato más relevante, la variable “time”. La misma se cuantifica en milisegundos. Esta cantidad sirve para determinar el tiempo que le toma ir y venir al paquete ICMP (RTT).

De todas formas, al final de cada resultado de Ping, la aplicación muestra un resumen, detallando las siguientes estadísticas:

--- 181.199.150.190 ping statistics ---

100 packets transmitted, 79 received,

21% packet loss, time 99304ms

min = 852.722 ms, pipe 4

avg = 1848.759 ms, pipe 4

max = 3091.186 ms, pipe 4

mdev = 633.482 ms, pipe 4

*Observaciones:*

- Luego del encabezado, en la siguiente línea, se muestran la cantidad de paquetes transmitidos y de recibidos. En el caso del ejemplo, se muestra que se enviaron un total de 100 paquetes y sólo 79 fueron recibidos con éxito. La cantidad de paquetes en las pruebas fue variando, también se experimentó con 50 iteraciones, incrementando la frecuencia de la ejecución de pings.
- En la siguiente línea se muestra el porcentaje de lo dicho en el ítem anterior. Además, se detalla la cantidad acumulada de tiempo que llevaron las 100 iteraciones, que equivale aproximadamente en este caso a 90 segundos.
- A continuación, en las siguientes 4 líneas, se muestran los puntos de interés en la prueba. Se destacan: “min”, el mínimo tiempo detectado. Avg, el tiempo promedio. Max, el tiempo máximo registrado. Y mdev, la media de los tiempos en las iteraciones.

Una vez generados los documentos pdfs de todos los pings efectuados en un lapso de 7 días de prueba, se acoplaron las estadísticas y se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 4-4. Muestra Ping&DNS

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Día 1= 3 de septiembre	Hora =09:04 100 packets, 100 received, 0% packet loss, time 99265ms min = 589.569 ms avg = 1043.854 ms max = 2795.136 ms mdev = 341.990 ms	Hora =11: 24 100 packets, 98 received, 2% packet loss, time 99386ms min = 586.579 ms avg = 4730.379 ms max = 14198.089 ms mdev = 4007.153 ms	Hora: 12:30 100 packets , 96 received, 4% packet loss, time 99373ms min = 481.751 ms avg = 1460.861 ms max = 7595.429 ms mdev = 1194.371 ms	Hora: 15:14 100 packets, 89 received, 11% packet loss, time 99408ms min = 606.812 ms avg = 1849.499 ms max = 3657.653 ms mdev = 669.544 ms	Hora: 17:00 100 packets, 83 received, 17% packet loss, time 99195ms min = 980.820 ms avg = 13336.171 ms max = 32225.555 ms mdev = 10652.882 ms
Día 2= 10 de septiembre. 5 de octubre	Hora 13:14 100 packets, 87 received, 13% packet loss, time 99604ms min = 798.767 ms avg = 14059.899 ms	Hora = 14:50 100 packets, 92 received, 8% packet loss, time 99301ms min = 606.262 ms avg = 2965.002 ms	Hora= 17:00 100 packets, 83 received, 17% packet loss, time 99344ms min = 516.784 ms avg = 1235.540 ms	Hora 17:48 50 packets, 49 received, 2% packet loss, time 49156ms min = 653.706 ms avg = 1476.988 ms	Hora= 18:00 100 packets, 89 received, 11% packet loss, time 99332ms min = 595.459 ms avg = 1398.767 ms

	max = 43583.160 ms mdev = 14070.431 ms, pipe 44	max = 9623.230 ms mdev = 2391.710 ms	max = 3053.497 ms mdev = 554.771 ms	max = 3565.517 ms mdev = 658.999 ms	max = 3776.947 ms mdev = 656.555 ms
Dia 3= 24 de septiembre	Hora= 09:03 100 packets, 94 received, 6% packet loss, time 99361ms min = 605.225 ms avg = 1880.567 ms max = 3061.188 ms mdev = 640.614 ms	Hora= 11:31 100 packets, 89 received, 11% packet loss, time 99294ms min = 884.672 ms avg = 2092.016 ms max = 7603.302 ms mdev = 998.417 ms	Hora= 14:16 100 packets, 61 received, 39% packet loss, time 99278ms min = 740.600 ms avg = 2007.577 ms max = 4728.607 ms mdev = 801.495 ms	Hora= 15:33 100 packets, 76 received, 24% packet loss, time 99329ms min = 689.789 ms avg = 1950.819 ms max = 3035.522 ms mdev = 639.196 ms	Hora= 17:00 100 packets, 79 received, 21% packet loss, time 99304ms min = 852.722 ms avg = 1848.759 ms max = 3091.186 ms mdev = 633.482 ms
Dia 4= 25 de septiembre	Hora= 09:01 100 packets, 97 received, 3% packet loss, time 99285ms min = 770.172 ms avg = 1667.848 ms max = 3179.348 ms mdev = 652.928 ms	Hora= 10:25 100 packets, 88 received, 12% packet loss, time 99249ms min = 665.100 ms avg = 2038.318 ms max = 8597.717 ms mdev = 1612.901 ms	Hora= 11:33 100 packets, 86 received, 14% packet loss, time 99173ms min = 628.998 ms avg = 3366.502 ms max = 14972.260 ms mdev = 3597.258 ms	Hora= 14:37 100 packets, 92 received, 8% packet loss, time 99248ms min = 635.346 ms avg = 2985.132 ms max = 13280.640 ms mdev = 3456.230 ms	Hora= 16:46 100 packets, 74 received, 26% packet loss, time 99045ms min = 13429.749 ms avg = 29732.596 ms max = 55599.212 ms mdev = 10506.117 ms
Dia 5= 14 y 15 de octubre. 5 de octubre	Hora= 8:01 50 packets, 49 received, 2% packet loss, time 49146ms min = 784.043 ms avg = 9385.709 ms max = 25252.614 ms	Hora= 10:49 50 packets, 49 received, 2% packet loss, time 49145ms min = 780.319 ms avg = 1658.860 ms max = 3670.380 ms	Hora= 13:19 50 packets, 14 received, 72% packet loss, time 49077ms min = 7278.266 ms avg = 18317.929 ms max = 30060.118 ms	Hora= 14:42 50 packets, 22 received, 56% packet loss, time 49193ms min = 793.821 ms avg = 1555.335 ms max = 3081.254 ms	Hora=17:46 50 packets, 47 received, 6% packet loss, time 49071ms min = 821.551 ms avg = 3701.247 ms max = 9076.574 ms

	mdev = 7273.501 ms	mdev = 688.878 ms	mdev = 8254.397 ms	mdev = 500.261 ms	mdev = 2449.771
--	-----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	--------------------

### Solicitudes HTTP

En esta instancia se menciona el procedimiento efectuado por el software HTTPing, herramienta que sirve para determinar la latencia a través de paquetes HTTP. Para visualizar resultados, esta aplicación genera unas líneas (seguidas de una cabecera que contiene información del paquete http) con los resultados de los pings efectuados a una dirección en particular. Como ya se dijo antes, éstas se pueden exportar mediante varias vías (correo electrónico, archivos de nota, redes sociales, etc.). Una línea presenta la siguiente forma:

1. 181.199.150.190: 4975ms, resp.code: 403 C

#### *Observaciones:*

- Al principio de esta línea, antes de la dirección IP, se encuentra la secuencia de ping, que va desde 1 hasta el número de iteraciones especificada con anterioridad en la configuración de la aplicación.
- A continuación, se muestra la dirección IP de contacto o URL si así se lo requiere.
- Seguidamente figura el tiempo de demora, especificado en milisegundos.
- Al final, el código HTTP correspondiente. Como se sabe, HTTP maneja una serie de códigos para respuesta a las solicitudes, en este caso el servidor otorga un código igual a 403, lo que significa que el servidor ha podido ser contactado, y ha recibido una petición válida, pero ha denegado el acceso a la acción que se solicita [53].

Análogamente a lo que hacía Ping&DNS, la aplicación muestra estadísticas al final de las iteraciones:

Average: 3662.4ms, min: 3265.0, max: 15131.0

403 = forbidden

Number of reconnects: 100

Observaciones



- En la primera línea se hace referencia al tiempo promedio “Average”, al mínimo “min” y al máximo “max” obtenidos en toda la prueba.
- En la segunda línea, el código HTTP.
- Y al final, el número de reconexiones.

Las estadísticas correspondientes a los pings HTTP, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4-5. Muestra HttPing

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Dia 1	Pings=50 Average: 4099.1ms, min: 1982.0, max: 9310.0 200 = OK Number of reconnects: 50 Hora= 08:09	Pings=100 Average: 3662.4ms, min: 3265.0, max: 15131.0 403 = forbidden Number of reconnects: 100 Hora= 09:14	Pings=100 Average: 4055.5ms, min: 1934.0, max: 11380.0 403 = forbidden Number of reconnects: 45 Hora= 11:03	Pings=50 Average: 8630.2ms, min: 2117.0, max: 36456.0 200 = OK Number of reconnects: 17 Hora = 16:06
Dia 2	Pings=100 Average: 3826.2ms, min: 1696.0, max: 15493.0 403 = forbidden Number of reconnects: 45 Hora= 09:48	Pings=50 Average: 4784.4ms, min: 1946.0, max: 11691.0 200 = OK Number of reconnects: 50 Hora=10:56	Pings=50 Average: 10662.ms, min: 6394.0, max: 17117.0 200 = OK Number of reconnects: 4 Hora=14:23	Pings=50 Average: 4088.9ms, min: 1781.0, max: 14157.0 200 = OK Number of reconnects: 46 Hora= 17:55
Dia 3	Pings=100 Average: 3662.4ms, min: 3265.0, max: 15131.0 403 = forbidden Number of reconnects: 100 Hora= 09:15	Pings=50 Average: 3263.3ms, min: 1378.0, max: 5786.0 200 = OK Number of reconnects: 50 Hora= 11:47	Pings=100 Average: 3668.2ms, min: 1509.0, max: 25816.0 403 = forbidden Number of reconnects: 88 Hora= 15:02	Pings=100 Average: 4496.4ms, min: 1993.0, max: 7715.0 403 = forbidden Number of reconnects: 95 Hora=16:09
Dia 4	Pings=50 Average: 4385.7ms, min: 1894.0, max: 14597.0 200 = OK Number of reconnects: 22 Hora=09:42	Pings=100 Average: 3600.6ms, min: 1834.0, max: 5148.0 403 = forbidden Number of reconnects: 8 Hora=10:25	Pings=50 Average: 4645.5ms, min: 1947.0, max: 13313.0 200 = OK Number of reconnects: 34 Hora=11:01	Pings=100 Average: 3823.3ms, min: 1535.0, max: 20350.0 403 = forbidden Number of reconnects: 92 Hora=18:00
Dia 5	Pings=100 Average: 3362.8ms, min: 1359.0, max: 6185.0 200 = OK Number of reconnects: 50 Hora=10:06	Pings=50 Average: 4784.4ms, min: 1946.0, max: 11691.0 200 = OK Number of reconnects: 50 Hora=10:57	Pings=50 Average: 3984.7ms, min: 1708.0, max: 7562.0 200 = OK Number of reconnects: 46 Hora=14:15	Pings = 50 Average: 8630.2ms, min: 2117.0, max: 36456.0 200 = OK Number of reconnects: 17 Hora=16:06

IV.4.2.2. RESULTADOS PARA THROUGHPUT.

En esta parte se describe el procedimiento para la obtención del Throughput. Como ya se había dicho anteriormente, para tal motivo, se usaron los resultados de los tiempos calculados con la aplicación en combinación con el peso de cada página sometida a la prueba [tabla 4-2].

Primeramente, como se había resaltado en la sección 4.2.2.1., precisamente en la tabla 4-3, se consideran los promedios de demora obtenidos con una muestra de 20 experimentos (recargas de página). Cada promedio obtenido es el porcentaje de incremento de los resultados de tiempos calculados, y almacenados en una base de datos luego de cada recarga.

Incremento de tiempos.

La base de datos que alberga los tiempos de las recargas de las páginas, muestra el siguiente diseño por cada registro:

Tabla 4-6. Estructura de la tabla log en base de datos *Apprendiendo*

Número de registro	Número de pagina	Tiempo de carga	Fecha y hora de registro
Es un numero entero que se genera auto-incrementalmente a medida que se agregan registros a la base de datos	Hace referencia a cualquiera de las 4 páginas. Tiene la forma: “página x”, donde x es el número de la página	Es el tiempo que le lleva a la página cargarse por completo. El mismo se expresa en milisegundos.	Fecha y hora registrada de la carga de una página. El formato de este campo es de la forma: dd/mm/aaaa hh:mm

Por lo tanto, un registro de la base de datos tiene una forma como la siguiente:

1772	página 1	10726	24/9/2015 12:22
------	----------	-------	-----------------

Continuamente lo que se hace es extraer el tiempo en milisegundos, para luego efectuar el incremento. Siguiendo con este ejemplo, el tiempo es 10726, y como se trata de la página 1, el porcentaje correspondiente a utilizar es del 37,41 %. Se aplica la fórmula:

$$\text{Tiempo incrementado} = \text{tiempo} + \text{tiempo} * 0,3741$$

$$\text{Entonces, tiempo incrementado} = 10726 + 10726 * 0,3741$$

Obteniéndose en este caso un total de 14738,59 milisegundos.

### Determinación del throughput

Lo que procede, es determinar el throughput de cada registro. De esta forma se permite establecer los análisis y conclusiones correspondientes luego de su obtención en cada día de prueba.

Para tal fin, se hacen uso los pesos de las páginas [tabla 4-2]. Si se toma el ejemplo que se venía dando en esta sección, la página correspondiente es la 1, con un peso total de 2,465 bytes. Recordando que la fórmula para obtener el Throughput es:

$$\text{Throughput} = \text{tamaño total del paquete recibido} / \text{RTT}$$

Adaptado a este caso:

$$\text{throughput} = \text{tamaño de página} / \text{tiempo de recarga}$$

Lo que es igual a:

$$\text{throughput} = 2,465 \text{ bytes} / \text{tiempo incrementado} = 2,465 \text{ bytes} / 14738,59 \text{ ms} =$$

$$2,465 \text{ bytes} / 14,74 \text{ segundos}$$

Lo que equivaldría a = 167.23 bytes por segundo = 0,167 kbps de un canal cuya capacidad teórica es de 171 kbps (Ancho de banda de EDGE).

#### IV.4.2.3. RESULTADOS PARA CONSUMO DE ENERGÍA

Como se menciona en **4.3.1.2.3.**, la rutina en el uso de la aplicación Power Tutor siempre finaliza con la exportación de los resultados. Dicha salida, se expresa en forma de texto. A continuación, se describe la interpretación del archivo Log generado:

##### Interpretación del archivo Log generado por PowerTutor

Al principio del log se puede encontrar información relacionada con la red celular, como ser la tecnología utilizada (phone-network), la intensidad de la señal (signal), el estado de la conexión de datos (data), y otros.

En el instante 0 (begin 0) se inicializa una marca de tiempo para diferenciar las muestras, esto se debe a que los resultados de diferentes pruebas se pueden almacenar en un solo archivo de salida.

*time 1377634014953*

También en este instante se identifican a las aplicaciones con un número único (UID), el consumo de energía de cada aplicación durante el resto de la traza se etiqueta con el UID. Por ejemplo, en el archivo log examinado se asocia el proceso Iperf al número 10130 (UID):

*associate 10130 com.magicandroidapps.ipperf@206*

Las muestras se toman una por segundo comenzando de uno. El número después de begin representa el tiempo transcurrido en segundos desde el inicio de la traza, algunos ejemplos:

*begin 1 (1 seg)*

....

*begin 5 (transcurrieron 5 segundos a partir del inicio de la prueba)*

LCD-10030 629 (indica que el uso de LCD por parte del proceso 10030 consumió 629mW en el quinto segundo)

.....

begin 6 (transcurrieron 6 segundos a partir del inicio de la prueba)

CPU-10030 74 (indica que el uso de CPU por parte del proceso 10030 consumió 74mW en el sexto segundo)

Joule es watt por unidad de tiempo, entonces los 74 mW utilizados en el sexto segundo, equivalen a 74 mj de energía ( $74 \text{ mW} \times \text{seg} = 74 \text{ mj}$ ).

El consumo total de energía del dispositivo es asociado al componente de hardware sin utilizar ningún número de proceso (UID). Ej:

begin 5 (transcurrieron 5 segundos a partir del inicio de la prueba)

CPU 29 (indica que el consumo total de energía de la CPU en el quinto segundo es de 29mW).

Este valor es el resultante de la suma de los consumos de CPU de los procesos:

begin 5

CPU 29 (7+1+21=29)

CPU-sys 7

CPU-0 1

CPU-10030 21

## IV.5. DESPLIEGUE DEL MODELO PROPUESTO (MANET-LEARN)

---

### IV.5.1. CASO DE ESTUDIO

En esta etapa se describe la implementación del modelo en el escenario real de pruebas, es decir mediante la interacción con alumnos y docentes.

#### IV.5.1.1 DESCRIPCION DE ACTORES

Para poder llevar a la práctica el modelo MANET-LEARN fue necesario contar con los siguientes actores:

- Docente: encargado de crear un cuestionario de prueba.
- Alumnos: encargados de responder el cuestionario propuesto por el docente.
- Autores de este trabajo: quienes brindaron asistencia técnica para el despliegue.
- Docentes de otras materias: colaboraron con la toma de fotografías, etc.

---

#### IV.5.2 EXPERIENCIA REALIZADA

Para poder desplegar la red MANET-LEARN: se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Se asignó una clase para explicar a los alumnos los conceptos relacionado al experimento: red de computadoras, red de dispositivos móviles, aplicación *aprendiendo*.
- Se asignó una hora reloj para el experimento.
- El docente creo un cuestionario con 3 preguntas. Cada una de ellas con 3 opciones a escoger, solo una es la respuesta correcta.
- Los alumnos respondieron el cuestionario elaborado por el docente. De un total de 7 alumnos solo 4 contaban con dispositivos móviles (figura 4-16).
- Se tomó nota de la experiencia de los alumnos
- Se utilizó metodología sus para usabilidad.



Figura 4-20. Interacción de los alumnos con la aplicación “*Apprendiendo*”.

---

#### IV.5.3 TEST DE USABILIDAD (SUS)

Es importante que una aplicación sea fácil de usar. Es común escuchar hoy en día que las aplicaciones son amigables con el usuario. Una aplicación que no es amigable está destinada al fracaso.

Para medir la facilidad de uso en la aplicación, se utilizó un cuestionario que trabaja con una escala subjetiva para la usabilidad del software (Subjective Usability Scales for Software – *SUS*).

El propósito de *SUS* es proporcionar un cuestionario fácil de completar, fácil de puntuar y que permita establecer comparaciones cruzadas entre productos. Se utiliza después de que un usuario ha tenido la oportunidad de utilizar un sistema. La escala *SUS* es un único número representando una medida compuesta de la usabilidad del sistema global sometido a estudio [10].

Para calcular la puntuación de este cuestionario *SUS*, primero deben sumarse los puntajes asignados a cada ítem, los cuales pueden variar en un rango de 0 a 4. En Los ítems 1, 3, 5, 7 y 9 el valor con el que contribuyen se calcula restándole 1 a su posición en la escala;

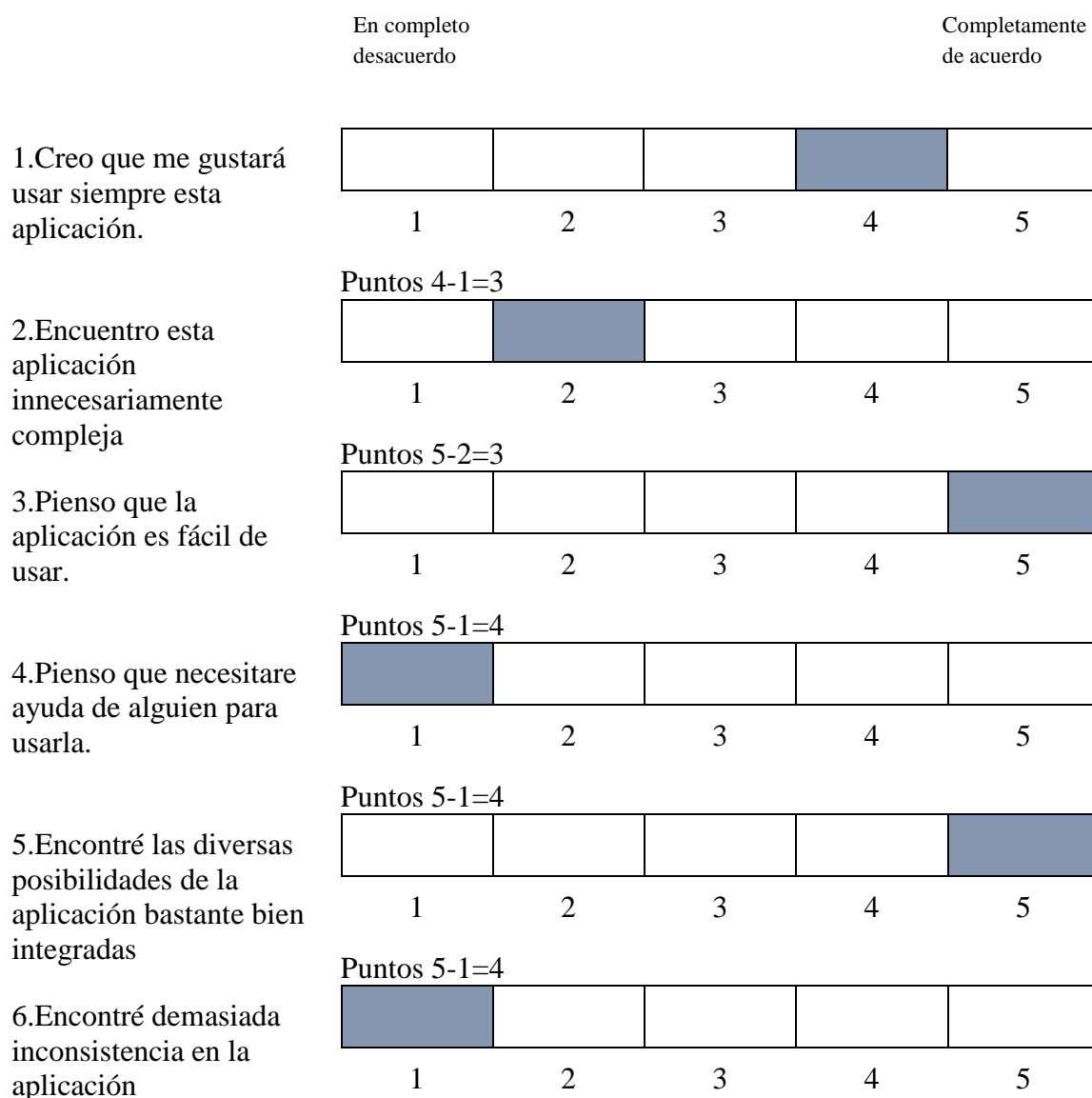


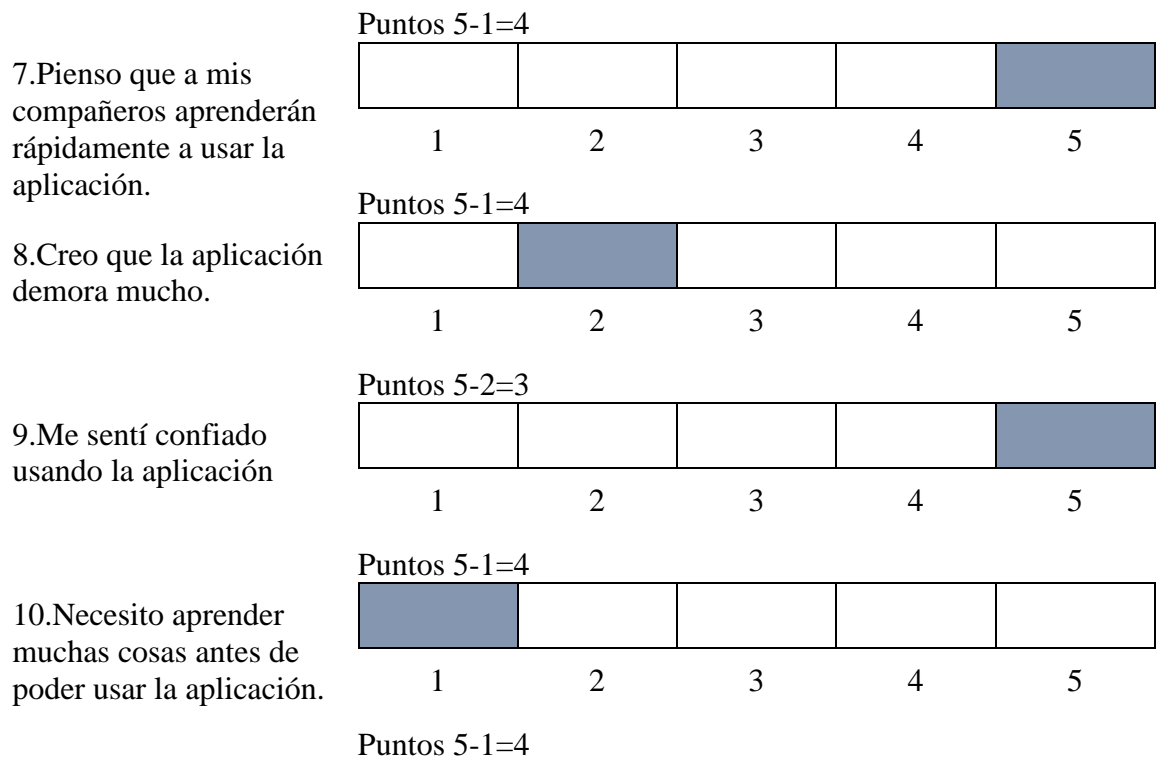
en los ítems 2, 4, 6, 8 y 10 el valor con el que contribuyen se obtiene restando a 5 la escala de posición. Finalmente, para obtener el valor global de *SUS*, se multiplica la suma de las contribuciones de los diferentes ítems por el valor 2,5.

Los valores de *SUS* tienen un rango de 0 a 100.

Teniendo en cuenta que los usuarios son alumnos de nivel primario, las preguntas del cuestionario fueron adaptadas en su terminología para su mejor comprensión por parte de los alumnos.

Para ejemplificar el procedimiento de ponderación, se presenta el siguiente cuestionario realizado por uno de los usuarios.





Puntaje aportado por las marcas = 3 + 3 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 3 + 4 + 4 = 37

Puntaje total de SUS = 37 \* 2.5 = 92.5

La aplicación fue testeada por 7 alumnos y un docente, en donde SUS arrojó los siguientes valores:

- Alumno 1: 92.5
- Alumno 2: 97.5
- Alumno 3: 77.5
- Alumno 4: 85
- Alumno 5: 90
- Alumno 6: 87.5
- Alumno 7: 92.5
- Docente: 87.5

- La resolución de los demás cuestionarios se encuentra en el CD adjunto.

Se utilizó esta herramienta para medir la usabilidad debido a su facilidad de implementación, además de ser de uso libre, por lo que en internet se encuentran numerosos ejemplos y una gran cantidad de información.

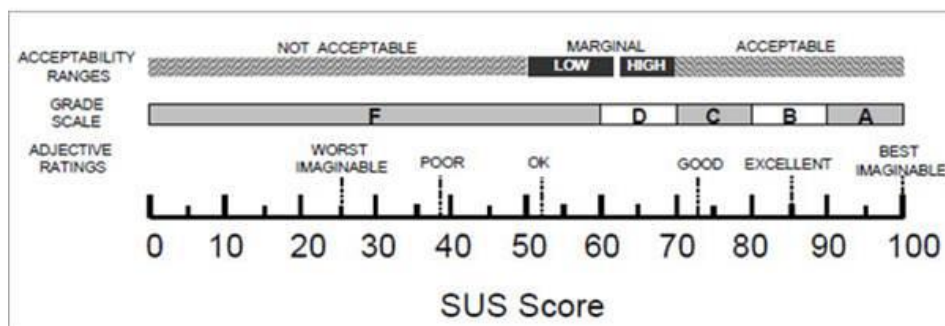


Figura 4 - 21. Grado de las puntuaciones propuesto por Bangor, Kortum y Miller.[10]

Por último, para darle una idea al lector del valor de los puntajes ofrecidos por SUS se propone el análisis efectuado por Bangor, Kortum y Miller. En la figura 4-17 se observa la correlación entre el puntaje obtenido por SUS y adjetivos como “bueno”, “pobre” o “excelente.”. Recomiendan que es posible tomar la puntuación SUS para un producto en particular y darle una puntuación de graduación.

Teniendo en cuenta esto, se observa que las puntuaciones otorgadas a los encuestados son por demás satisfactorias ya que indican que 7 de los encuestados otorgan a la aplicación una usabilidad dentro del rango excelente mientras que sola una persona otorga una usabilidad buena.

## CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se describen los resultados obtenidos a partir de las rutinas de trabajo que se realizaron sobre la MANET, descritas en el capítulo anterior.

En la primera parte de este capítulo se trabajará con los resultados de la etapa de mediciones, mostrando comparaciones entre métricas y estados de conectividad, dichas comparaciones se visualizarán en modo de gráficos y tablas.

En la etapa siguiente y final, el contexto de las conclusiones estará contenido en la experiencia de interactividad entre los alumnos y la aplicación. Para ello se utilizarán herramientas extras de análisis, como los test de usabilidad.

### V.1. CONCLUSIONES PARA EL ESCENARIO DE PRUEBAS.

En esta sección se presenta la recolección de los datos arrojados por las herramientas de medición Ping&DNS y Httping para otorgar conclusiones referidas a la latencia, y powerTutor para las relacionadas al consumo de energía. Asimismo, se utilizarán los tiempos registrados por la base de datos de la aplicación para determinar conjeturas con respecto al Throughput.

---

#### V.1.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LATENCIA.

Para medir la latencia se realizaron mediciones de este tipo durante toda la jornada cada determinado intervalo de tiempo, que por lo general rondaba los 60 minutos.

Como ya se lo había mencionado se usaron dos herramientas: HTTPing y Ping&DNS para calcular la latencia HTTP, y la latencia ICMP respectivamente.

Con el fin de hacer los respectivos análisis y poder así efectuar conclusiones acertadas, en algunas ocasiones se comparará en esta sección los valores de las mediciones en el lugar de prueba con las mediciones obtenidas en un lugar de condiciones óptimas (apartado 2.2.2.1.)

### 5.1.1.1 LATENCIA ICMP

En esta sección se efectuará un análisis en base a dos criterios, uno es el número de pings y otro corresponde a las franjas horarias en las cuales se efectúan las mediciones (de 8 A 18 hs.).

#### Latencia ICMP en función del número de pings.

En la gráfica 5-1 se muestran los resultados en función del número de pings efectuados. La variable independiente de los ejes, representa al número de ping, mientras que el eje vertical lo hace con el tiempo, el mismo es dado en los milisegundos.

Las funciones mostradas en la gráfica se obtuvieron promediando los resultados de las muestras, están discriminadas por tiempo del día (mañana y tarde), tal que la función “por la mañana” corresponde a la franja horaria de 8 am a 12 pm, y para la función “por la tarde” se consideraron los resultados obtenidos de 12 pm a 18 pm. Para ver en detalle las mediciones muestra por muestra, consultar el anexo.

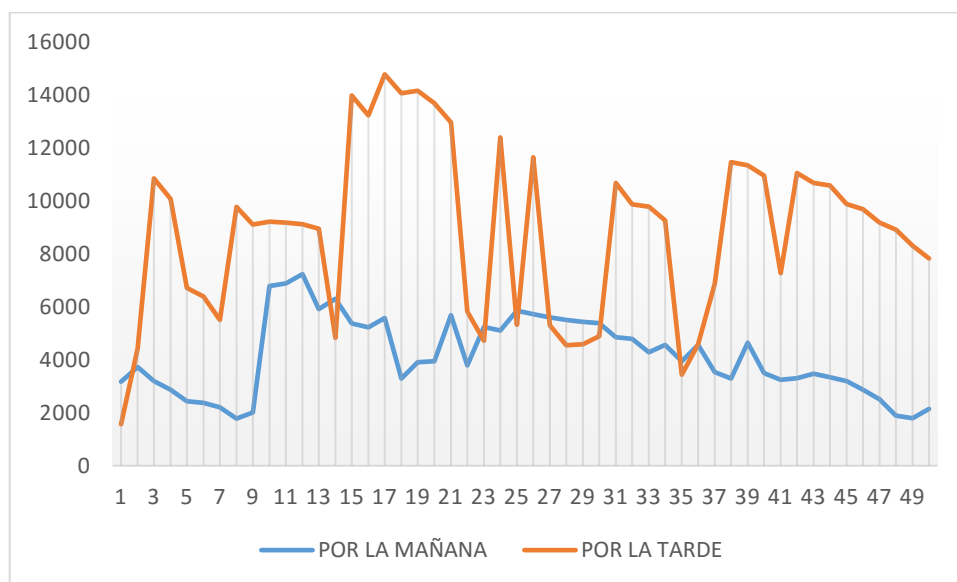


Figura 5-1. Resultados ICMP - por la mañana vs. por la tarde

Tabla 5-1. Resultados ICMP - por la mañana vs. por la tarde

	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Máximos</b>	<b>Mínimos</b>
<i>Por la mañana</i>	207151,25	4143,025	14972	626
<i>Por la tarde</i>	443110,28	8862,206	55599	683

Puede observarse que los resultados obtenidos por la tarde se duplican a comparación de los de la mañana. Esto se traduce en que, el tráfico de red es mayor por las tardes, efectuándose el retardo mostrado. Sin embargo, la suma no es representativa de lo dicho anteriormente, tengan en cuenta que la función de la tarde está conformada por más horas de mediciones (6 horas). Por lo que no necesariamente se da esta duplicación de resultados con respecto a la acumulación de tiempos.

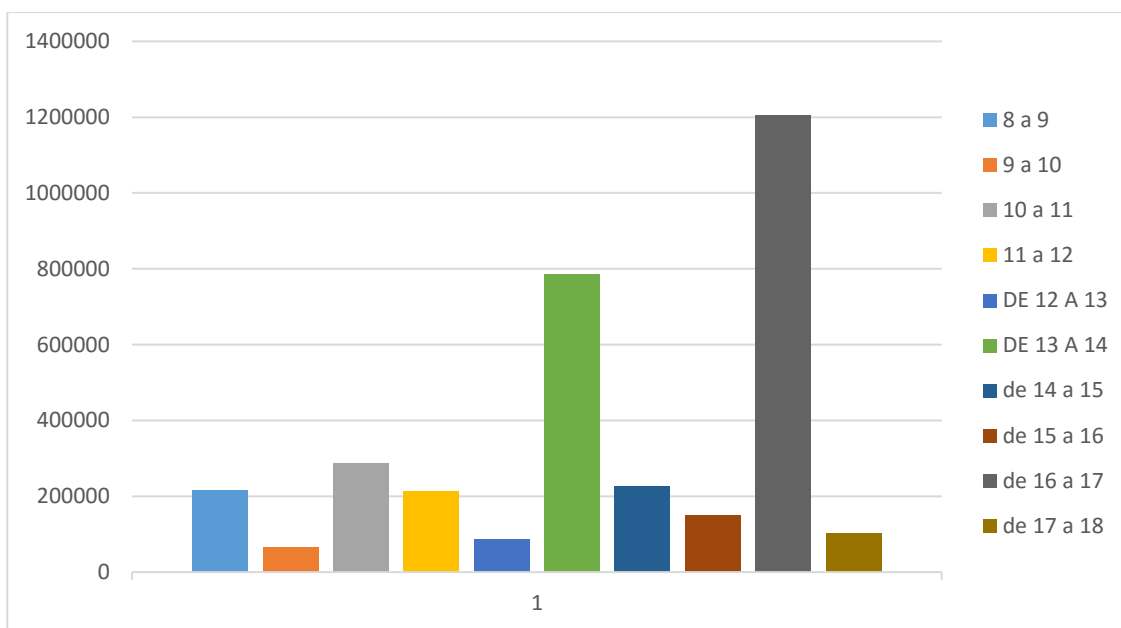


Figura 5 - 2 Suma de tiempos ICMP por hora en Lavalle

En esta gráfica puede observarse lo que se mencionaba antes: Los valores se mantienen relativamente constantes en valores bajos hasta las 12 pm aproximadamente (hasta la barra de color verde). Luego, al transcurrir las horas, los valores toman picos muy elevados que alcanzan hasta el millón de milisegundos (mil segundos), aproximadamente.

Comparativa De Escenarios De Despliegue

En este apartado se tendrá en cuenta el estudio efectuado en la sección (2.2.2.), más precisamente, se trabajará con el análisis efectuado del lugar de condiciones deseables para poder contrastar con el escenario de pruebas.

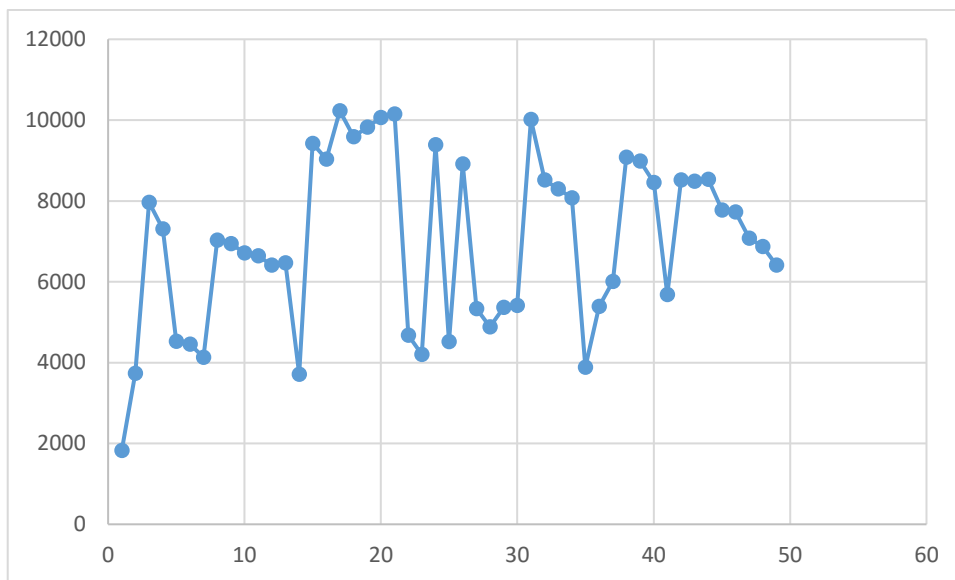


Figura 5 - 3. 50 pings ICMP en Lavalle

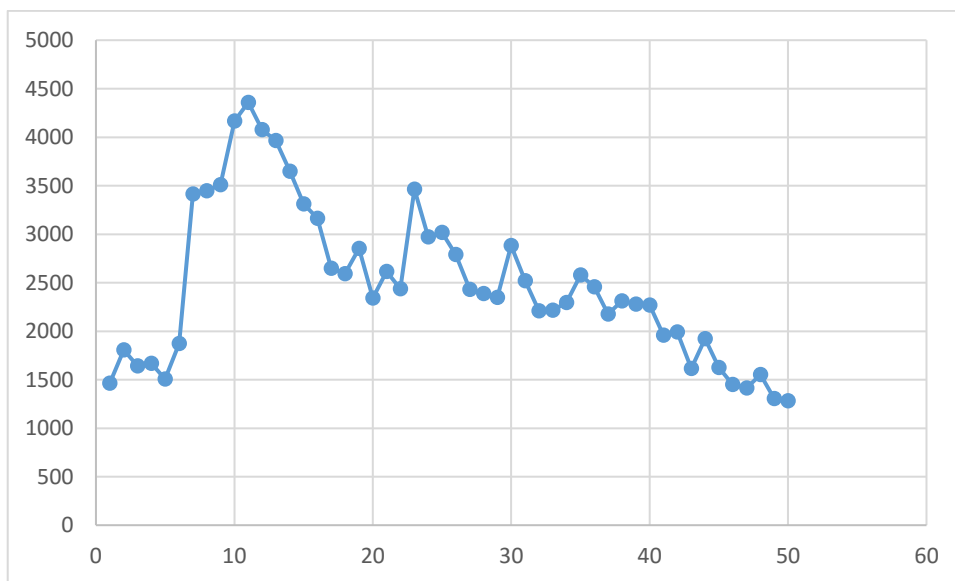


Figura 5 - 4. 50 pings ICMP en San Pedro

En las gráficas anteriores se establece la comparativa a nivel ICMP en función de 50 pings, dadas con valores previamente promediados. Los tiempos del eje vertical, simbolizados en milisegundos, son obtenidos como resultado de promediar todas las

muestras de pings efectuados en diferentes horarios de la jornada de medición (para ver resultados completos, consultar anexo).

A simple vista se puede observar que los tiempos obtenidos en 5-4, en general, son inferiores a los de Lavalle. En efecto, se aprecia que el valor máximo general ronda los 10000 milisegundos y corresponde a 5-3. En cambio, el valor mínimo general es aproximado a los 1500 milisegundos, dicho valor pertenece a la gráfica de ICMP obtenido en San Pedro. Diferente es lo que pasa en 5-4, que gracias a una conexión persistente (con escasos cortes) con buena intensidad, el tiempo tiende a disminuir hasta alcanzar valores muy mínimos.

Si bien es cierto que en la gráfica que corresponde al lugar de las mediciones, los valores de tiempo alcanzan hasta los 12 mil milisegundos, se observa una fluctuación que tiene como eje los 6 mil milisegundos, aproximadamente. Es decir, los valores obtenidos a través de los pings no quedan constantes en cantidades excesivamente altas, sino que varían alrededor de un valor aceptable, compensando picos de demoras.

Latencia ICMP en función de la hora.

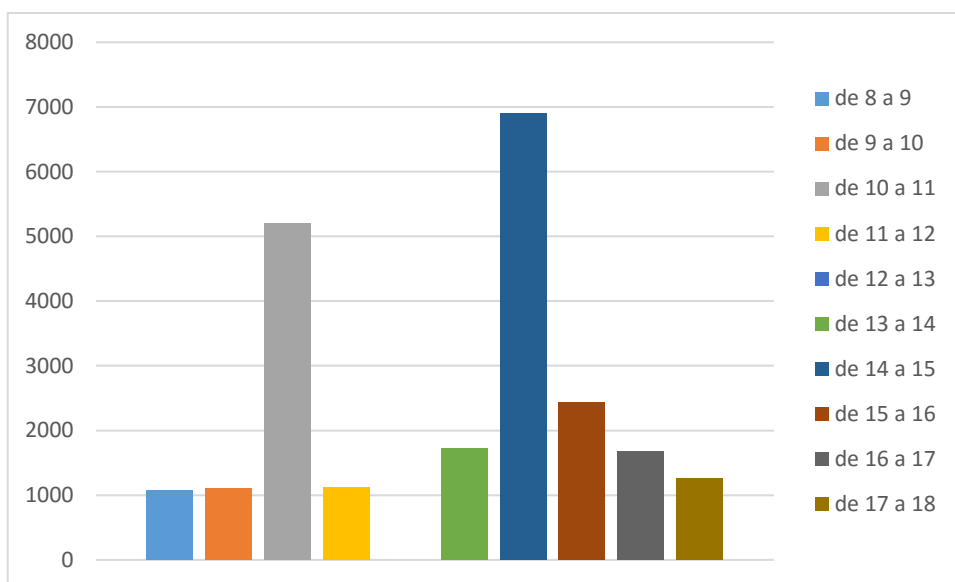


Figura 5-5. Promedios de tiempos ICMP por hora en San Pedro



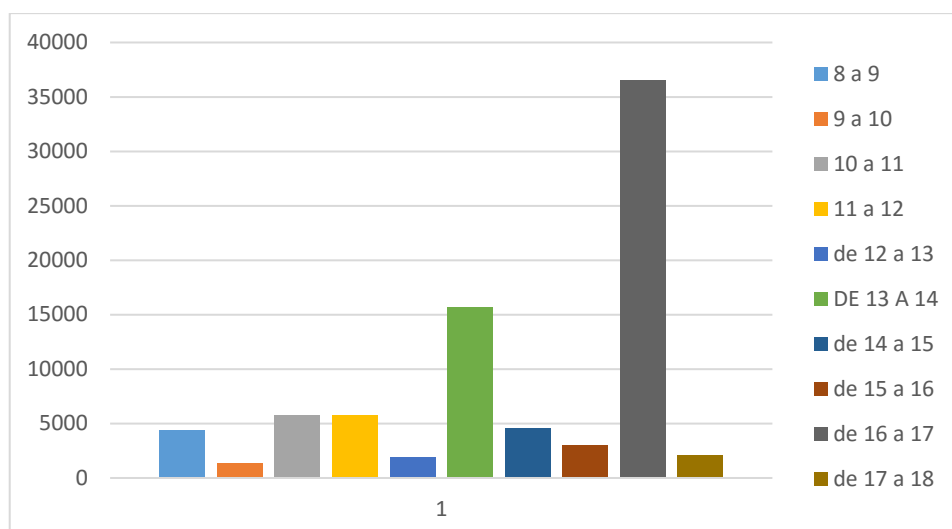


Figura 5 - 6. Promedios de tiempos ICMP por hora en Lavalle

En las gráficas anteriores se puede observar el tiempo promedio obtenido en cada hora a través de las muestras de medición. El pico más elevado en 5-5 quedó registrado con 7 segundos, mientras que, en la ciudad de Lavalle, el tiempo promedio más alto figura con 35 segundos. Ambos tiempos se registraron en horas de la tarde, 14 y 16 hs. respectivamente.

Exceptuando esos picos de tiempo, el resto de las horas se mantiene uniforme dentro de un intervalo reducido. Si se fijan, en el lugar de condiciones deseables (figura 5-5), los tiempos oscilan y tienen como eje los mil milisegundos, mientras que, para el escenario de pruebas, la mayoría de los tiempos registrados no superan los 5 mil milisegundos. Si se tiene en cuenta que en 5-5 la conexión es bastante apta para el uso de la aplicación “*Apprendiendo*”, la diferencia de 4 segundos es despreciable, por lo tanto, los tiempos de Lavalle son aptos y tolerantes.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las planillas de cálculo, se determinan los siguientes resultados:

Tabla 5 - 2. Resultados ICMP - Comparación entre Lavalle y San Pedro

<b>Resultados ICMP</b>	
<b>Lugar de condiciones deseables (San Pedro)</b>	<b>Lugar de mediciones (Lavalle)</b>

<b>Mínimos</b>	326	595
<b>Máximos</b>	19943	55599
<b>Tiempo promedio</b>	2496	6802
<b>Cortes de conexión</b>	4	23

Si se tienen en cuenta los resultados de la tabla 5-2, puede concluirse que hay una diferencia remarcada entre el lugar deseable y el lugar de las mediciones, ya que, por ejemplo, en el tiempo promedio obtenido a partir de todos los tiempos de las muestras, persiste una diferencia de casi 4 segundos. Entre los mínimos no existe una gran diferencia, mientras que con los máximos ocurre lo contrario, es decir, hay una diferencia de más de treinta segundos.

Los cortes de conexión hacen referencia a los pings que no son posibles o no llegan a destino. Si hay dos pings seguidos que no tuvieron éxito, se los cuenta como un solo corte. En la tabla 5-2, los cortes del lugar de mediciones son 5 veces más que la cantidad obtenida en la primera columna. Esto es así debido a que la potencia de la señal brindada por las torres de Lavalle, es más débil que las de San Pedro [apartado 2.2.2.1.].

V.1.1.1 LATENCIA HTTP

Latencia HTTP en función del número de pings.

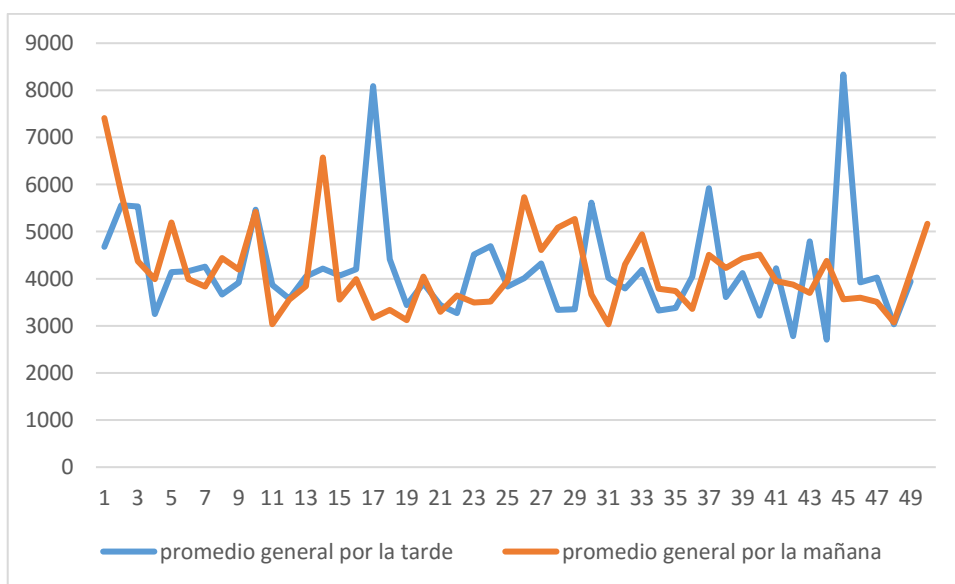


Figura 5-7. Resultados HTTP - por la mañana vs. por la tarde

Tabla 5-3. Resultados HTTP - por la mañana vs. por la tarde

	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Máximos</b>	<b>Mínimos</b>
<i>Por la mañana</i>	835689,6667	4178,448333	15131	1456
<i>Por la tarde</i>	1022310	4295,420168	25183	1708

A diferencia de la gráfica correspondiente a ICMP, en la figura 5-7 existe una uniformidad relativa desde el primer ping hasta el último, es decir, los retardos en las solicitudes HTTP no presentan grandes diferencias entre la mañana y la tarde. Esto se ve reflejado en los tiempos promedios, ya que sólo existe una diferencia de 100 milisegundos entre ambos.

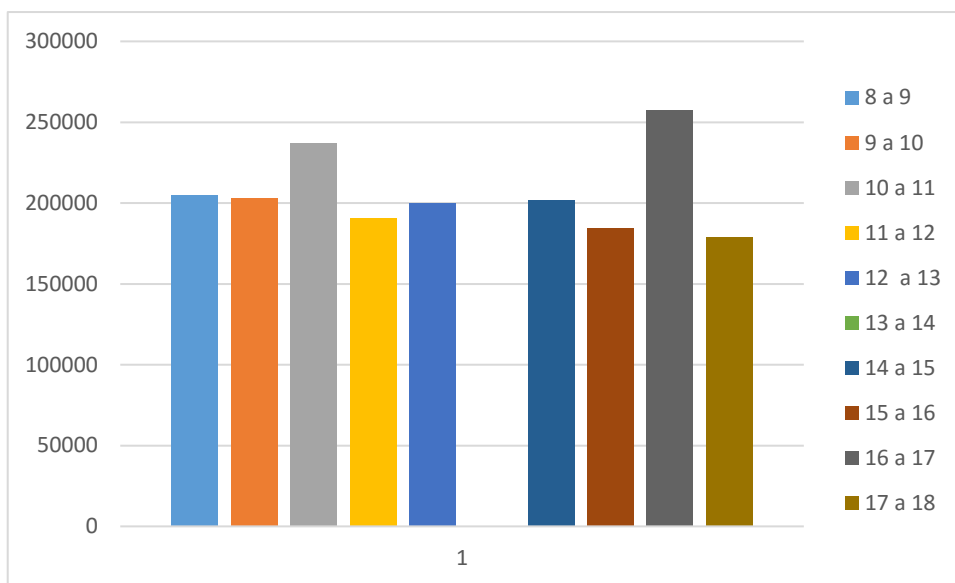


Figura 5-8. Suma de tiempos HTTP por hora en Lavalle

La uniformidad resaltada anteriormente también se refleja en la figura 5-8, los tiempos rondan los 200 mil milisegundos. Las únicas excepciones se dan a las 10 a.m. y a las 16 donde se superan estos 200 mil segundos en una cantidad de 50 mil.

Comparativa De Escenarios De Despliegue

Algo similar que pasaba con ICMP, ocurre con las pruebas a nivel HTTP, a continuación, se muestran las gráficas pertinentes:

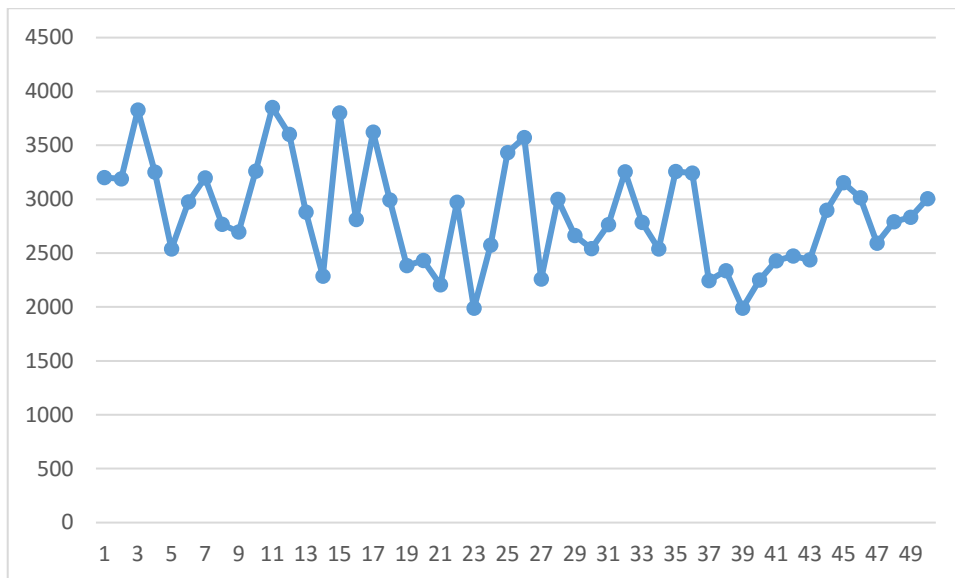


Figura 5-9. 50 pings HTTP en San Pedro

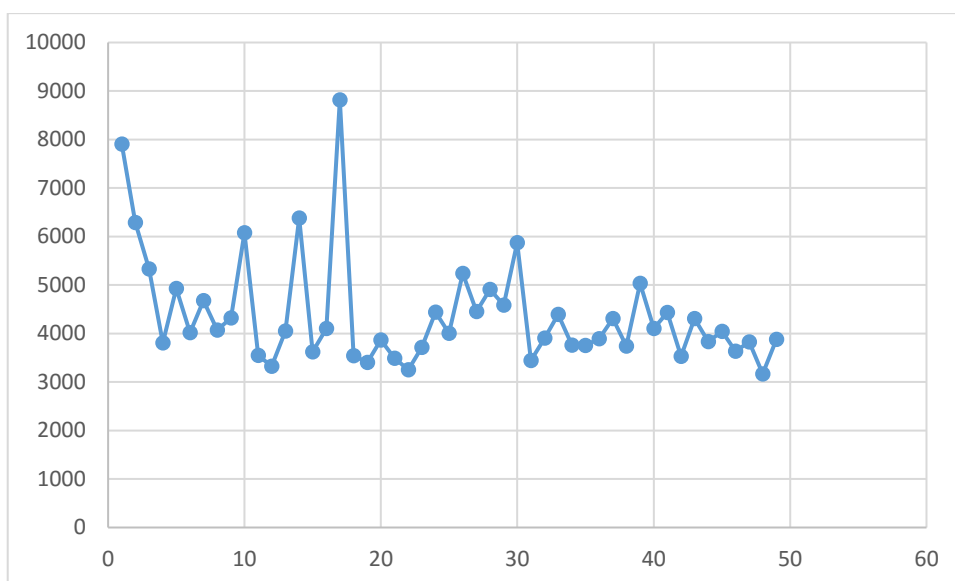


Figura 5-10. 50 pings HTTP en Lavalle

En esta ocasión, puede observarse en la comparativa de las gráficas, que los tiempos de la figura 5-10 alcanzan valores máximos (9000 milisegundos en el ping 19 aproximadamente) más alejados de la zona en que el gráfico tiene más puntos de inflexión (dicha zona se encuentra entre 3000 y 6000 milisegundos), en comparación con los resultados de San Pedro, donde existe una mayor uniformidad.

Se destaca que, ambos gráficos poseen similar fluctuación, por lo tanto, la diferencia es mínima.

Tabla 5 - 4. Resultados HTTP - Comparación entre Lavalle y San Pedro

<b>Resultados HTTP</b>		
	Lugar de condiciones deseables (San Pedro)	Lugar de mediciones (Lavalle)
<i>Mínimos</i>	1153	1456
<i>Máximos</i>	12993	25183
<i>Tiempo promedio</i>	2903,50	4236,934251
<i>Cortes de conexión</i>	9	13

Al tener en cuenta los resultados de la tabla 5-4, puede determinarse que los valores no están tan distanciados (inclusive con los cortes de conexión, donde hay una diferencia de 4), a excepción de los máximos, donde rige una diferencia de más de 10 segundos. Lo que es compensable, puesto que, al observar la gráfica 5-10, la función solamente alcanza dos picos altos: uno al iniciar la iteración de pings (8 segundos) y otra a los 18 aproximadamente (9 segundos). Luego de esto, al finalizar la iteración, la función se mantiene oscilante en un intervalo de 1 segundo.

Latencia HTTP en función de la hora.

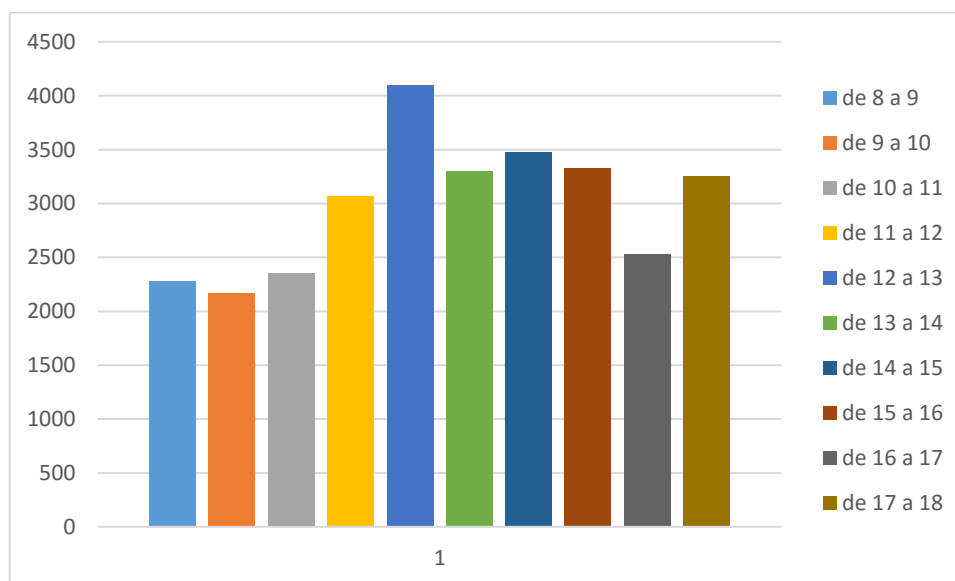


Figura 5-11. Promedio de tiempos HTTP por hora en San Pedro

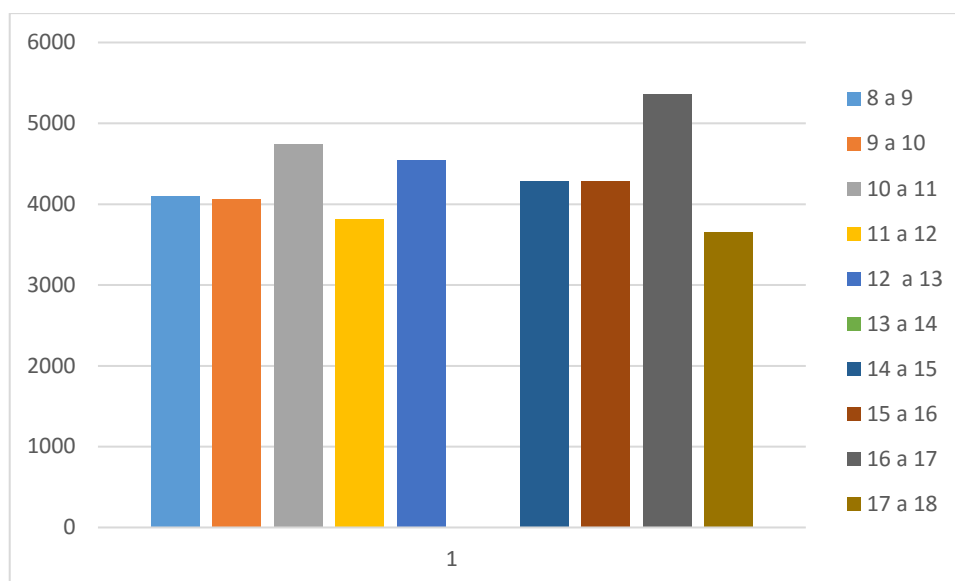


Figura 5-12. Promedios de tiempos HTTP por hora en Lavalle

Siguiendo la lógica de lo que se decía anteriormente, puede destacarse en estas graficas (figuras 5-11 y 5-12) la uniformidad en cuanto a los tiempos registrados en las horas de medición.

Se observa que en el lugar de mediciones no se pudieron realizar muestras en la franja horaria de 13 a 14 puesto que no hubo conexión. Los valores en esta grafica se mantienen constantes alrededor de los 4 mil milisegundos, una diferencia de mil segundos en relación con el eje obtenido en la figura 5-11 (aproximadamente los valores rondan los 3 mil segundos). Diferencia mínima y más que aceptable en lo que se refiere a tolerancia. Además, se cuenta con la ventaja de que los retardos no son exagerados, los tiempos se mantienen uniformes.

### Conectividad HTTP

A continuación, se considerarán aspectos referidos a la conectividad a nivel HTTP puesto que es el tema particular vinculado al despliegue de la red MANET. Es decir, se analizará HTTP en vez de ICMP, puesto que se hace uso de una aplicación Web.

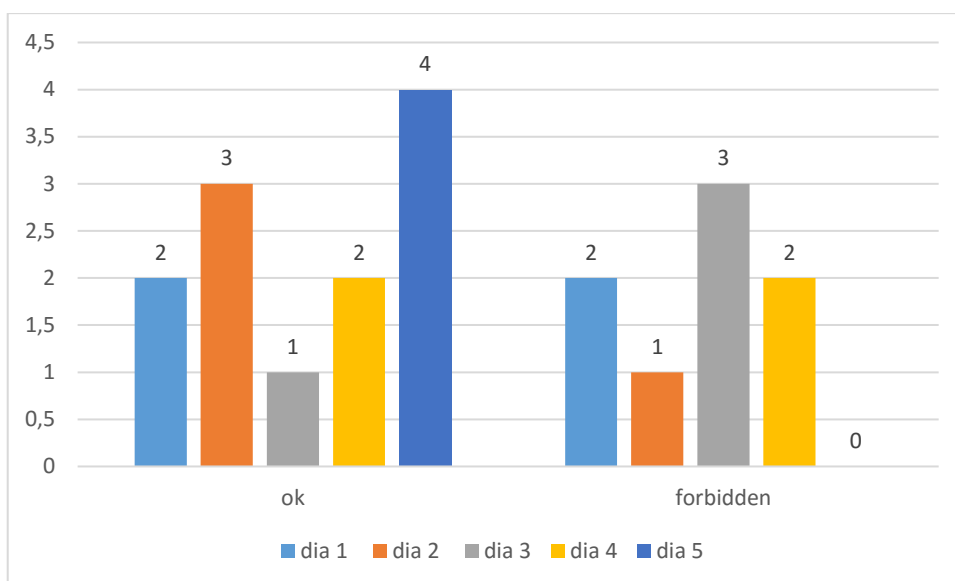


Figura 5-13. Solicitudes HTTP

En esta grafica se aprecia la cantidad de solicitudes que fueron recibidas con éxito y las que fueron rechazadas, las mismas hacen referencia a las etiquetas “ok” y “forbidden” (forbidden en español significa “prohibido”), con código 200 y 403, respectivamente. Recordando que cuando es el código 403, sucede que el servidor ha recibido una petición válida, pero ha denegado el acceso a la acción que se solicita.

En la figura 5-13 las solicitudes correctas superan a las otras en 4. (“ok” = 12; “forbidden” = 8), además en el quinto día solamente son estados correctos de http (ok).

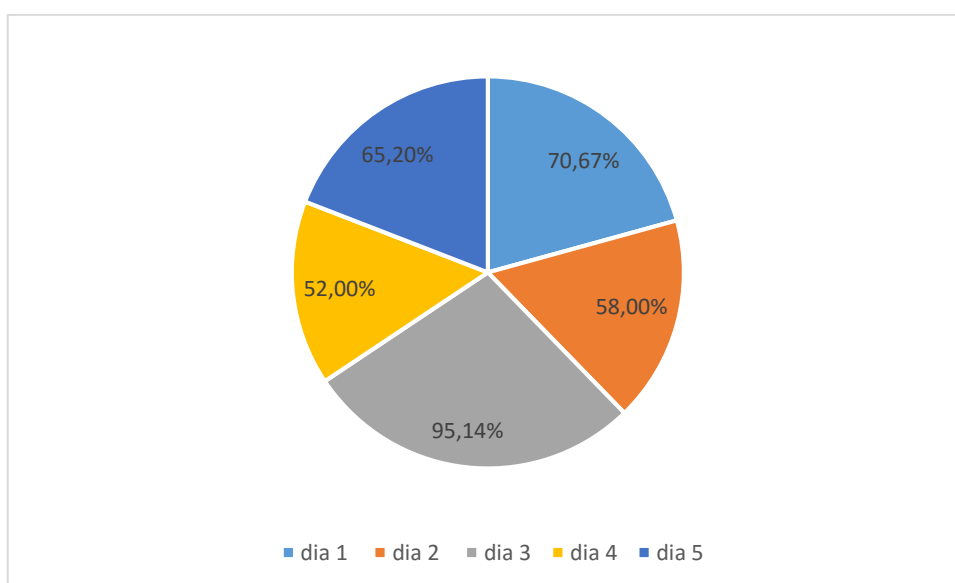


Figura 5-14. Porcentaje de conexiones con éxito

Aquí se muestra el porcentaje de las solicitudes que fueron realizadas correctamente, es decir, los pings efectuados exitosamente sobre la cantidad de pings programados. Se observa que en el día 3 se alcanza el porcentaje mayor, mientras que el día 4 es el otro extremo, con un 52 por ciento.

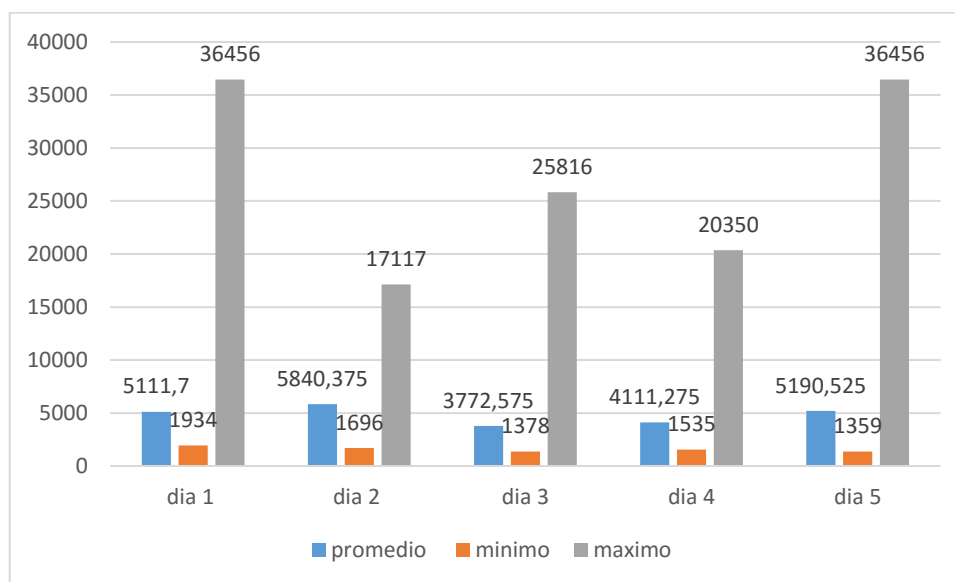


Figura 5-15. Estadísticas HTTP

En la gráfica 5-15 se ilustra la relación entre valores mínimos, medios y máximos de los 5 días de prueba. Existe una afinidad entre mínimos, ya que los valores se encuentran entre los 1000 y 2000 milisegundos. Situación parecida ocurre con los valores medios, donde se dan valores de un intervalo entre 3000 y 5000 milisegundos. Los máximos se desenvuelven en un intervalo más amplio y toman valores dispares. Van desde los 17000 hasta los 36000 milisegundos.

#### V.1.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN THROUGHPUT.

En este apartado lo que se pretende es analizar las mediciones desde el punto de vista del ancho de banda utilizado. Es decir, se hará hincapié sobre el canal entre el cliente y el servidor en cada interacción. En este caso, dicha interacción se lleva a cabo a nivel HTTP, mediante el acceso a una página web. Por lo tanto, se utilizarán aquellos tiempos guardados en la base de datos de la aplicación “Aprendiendo” en combinación con los pesos de cada



página accedida, para poder obtener los Throughput correspondientes, es decir, la cantidad de tráfico de red utilizada (sección 4.4.1.2.3.).

### 5.1.2.1. FACTORES QUE DETERMINAN EL THROUGHPUT.

Como se había mencionado anteriormente en este trabajo (sección 4.4.1.), el Throughput se obtendrá en función de las páginas que constituyen el modo automático de la aplicación web.

#### Throughput en función de las paginas accedidas

En esta sección se trabajará con los tiempos registrados en cada muestra. Dicho trabajo quedará discriminado en función de las páginas accedidas.

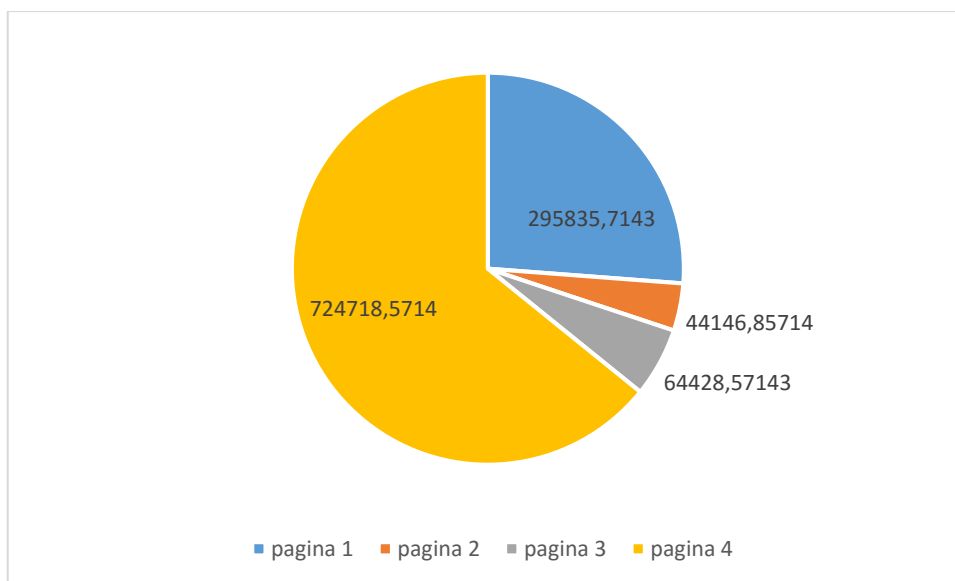


Figura 5-16. Suma de tiempos por página

En este gráfico de torta, donde se destaca la tendencia que tendrá el Throughput, se dan a conocer las demoras (expresadas en milisegundos) acumuladas por página. Las mismas quedan predominadas por la página 4 y 1, en ese orden de tamaño, ya que son las páginas con mayor peso (ver tabla 4-2).

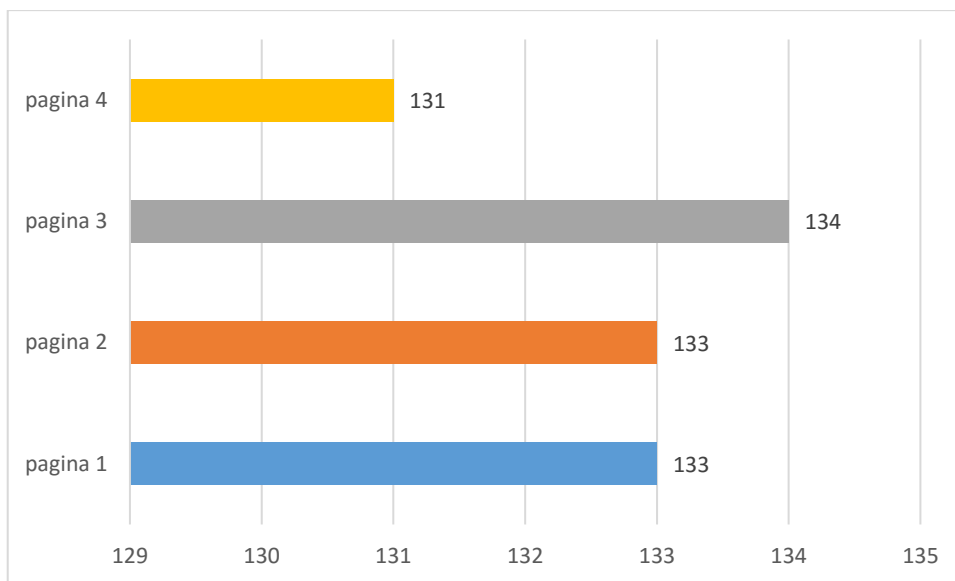


Figura 5-17. Cantidad de cargas de páginas

Los tiempos acumulados se dan en gran parte por los pesos de las páginas. También influye el hecho de las librerías que son cargadas antes de la carga del archivo HTML en sí, y del estado de la conexión en menor medida. El Throughput se ve influenciado indirectamente por todos esos factores, y se incrementa o decrementa en función de estos. En la figura 5-17 también se ve reflejado esto, ya que la página de menor cantidad de cargas es la 4, con 131 cargas completas.

Throughput en función de las horas de medición.

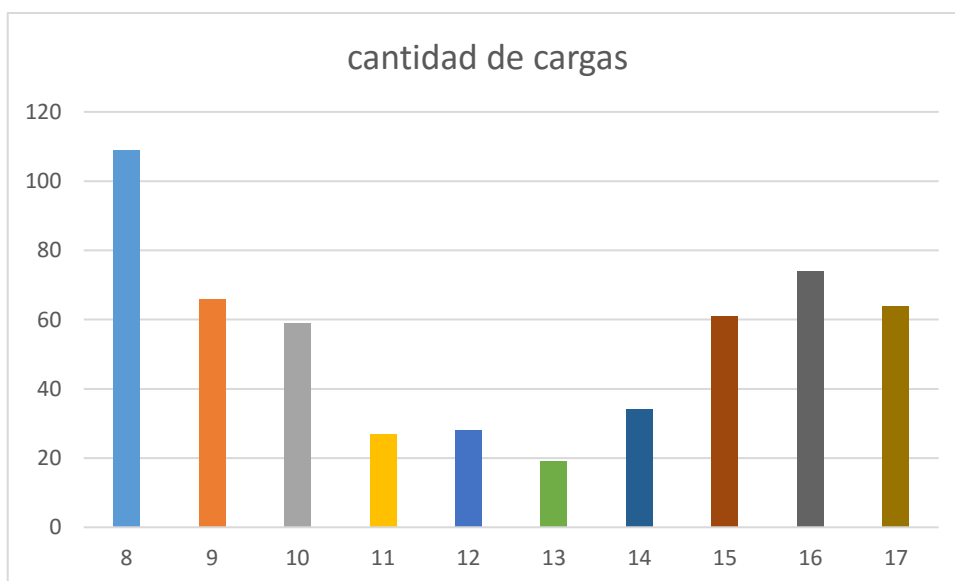


Figura 5-18. Cantidad de cargas de páginas por hora

En esta gráfica, a comparación de las anteriores donde se mostraba la relación con el peso de las paginas, se observa el impacto que produce el tráfico de red, es decir, se muestra cómo va variando la carga a medida que transcurren las horas. En este caso se observa que las cargas forman una parábola, cóncava hacia arriba, donde el punto mínimo se detecta a las 13 hs, horario donde hay máximo tráfico de red. En los extremos, esta carga tiene sus picos más altos donde se superan las 100 inclusive. Esto es beneficioso, ya que en el ámbito donde se implementó la red, los horarios de despliegue coinciden con los comerciales (la escuela donde se realizó la experimentación funciona de 8 a 12 y de 14,30 a 18,30).

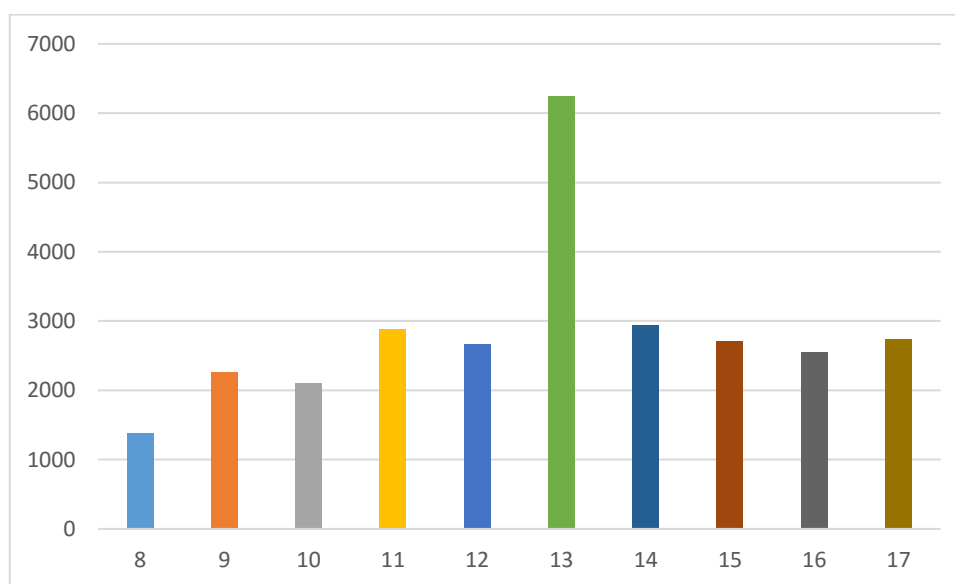


Figura 5-19. Tiempos de espera acumulados por hora.

Esta grafica hace hincapié en lo dicho anteriormente. En ella se muestran los tiempos de espera acumulados por hora. Note que, en este caso, a diferencia de lo dicho anteriormente, el pico más elevado se da en el intervalo donde se había registrado el mínimo anteriormente. Esto se da, lógicamente porque al haber más tráfico, el tiempo de espera se incrementa. Mientras que el mínimo de los tiempos se alcanza a las 8 hs.

#### 5.1.2.2. THROUGHPUT OBTENIDO.

##### En función de las páginas

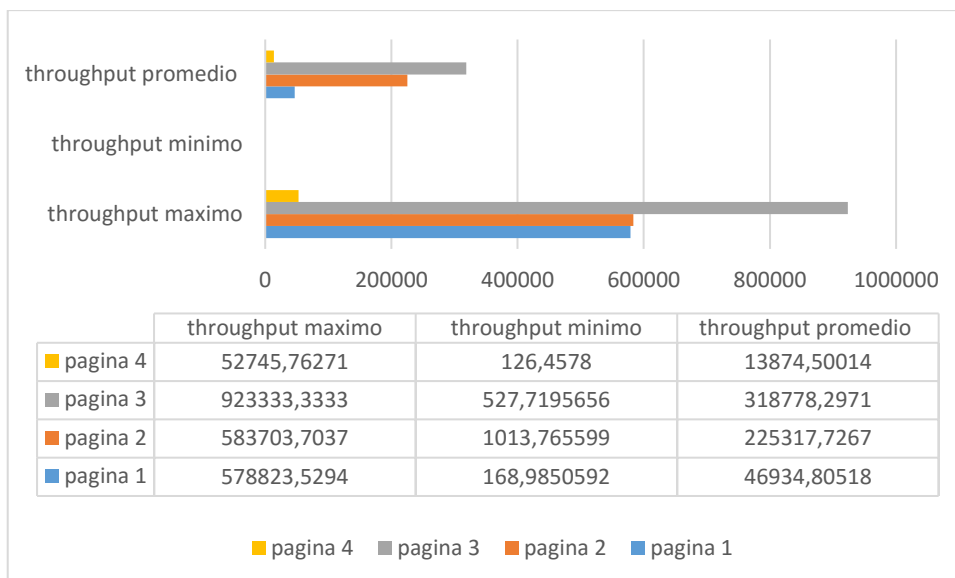


Figura 5-20. Throughputs mínimos, medios y máximos discriminados por pagina

Como se mencionaba anteriormente, en la gráfica 5-20, más precisamente con los valores de Throughput, se acentúa esa tendencia que se remarcaba. Los mismos tienen picos de transferencia en las páginas 2 y 3, puesto que son las páginas de menor tamaño y rápido acceso. Mientras que las páginas 1 y 4 tienen menor caudal de información que circula por el canal. Recuerden que el Throughput está dado en bits por segundo (bps).

En las siguientes graficas se muestra mejor lo destacado en el párrafo anterior. Observen que el segmento entre las páginas 2 y 3 siempre está en el tope superior y la figura sigue una forma de triángulo, independientemente se trate de máximos, mínimos o promedios.

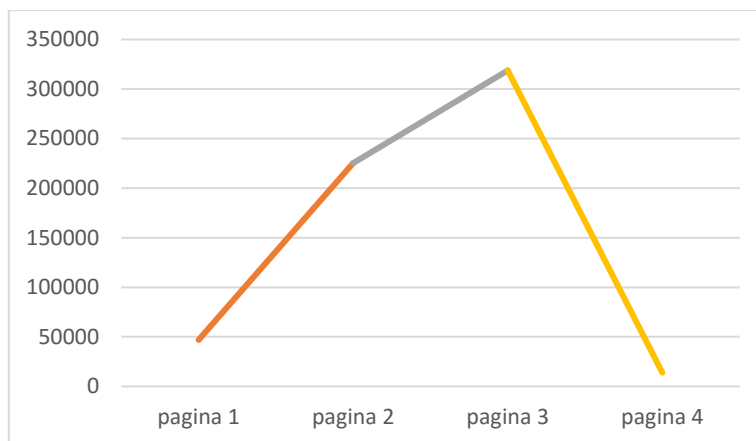


Figura 5-21. Throughput Promedio en función de páginas

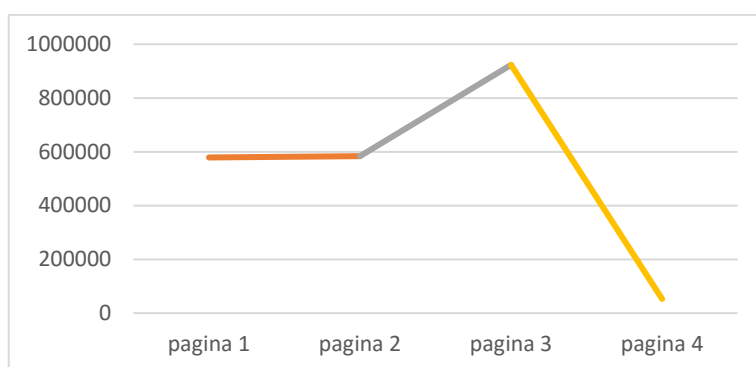


Figura 5-22. Throughput Máximo en función de páginas

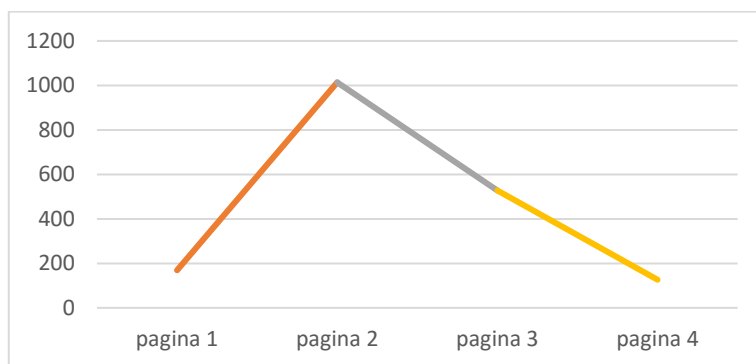


Figura 5-23. Throughput Mínimo en función de páginas

La velocidad de transferencia puede ser escasa en las páginas 1 y 4, por ejemplo, en los tiempos promedios no superan los 50000 bps. Sin embargo; al manejar tasas tan altas de transferencia, como ocurre con las otras dos páginas (entre 250000 y 300000 bps); el acceso a la página web queda equilibrado al tratarse de dos pares de páginas representativas. Esto quiere decir que, si se toman todos los tiempos y se hace un promedio, se obtiene un valor de 151226 bps., aproximadamente. Tasa de transferencia medianamente aceptable para la navegación.

En función de las horas de medición

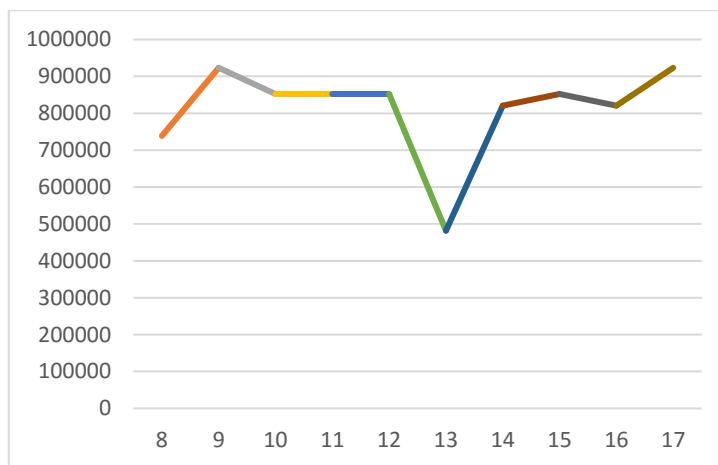


Figura 5-24. Throughput máximo en función de horas

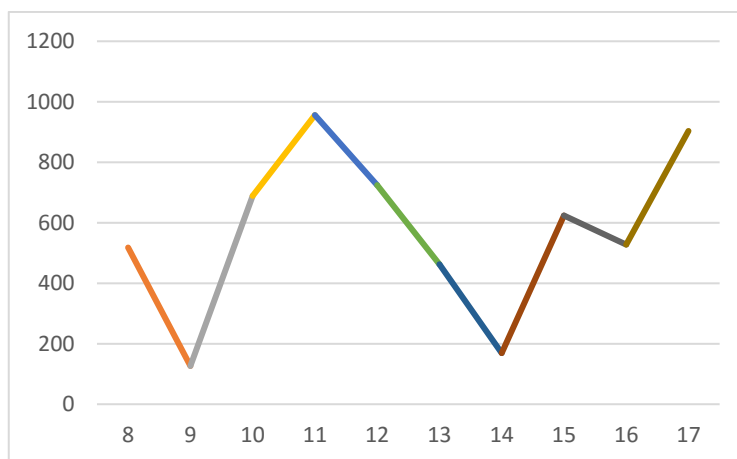


Figura 5-25. Throughput mínimo en función de horas

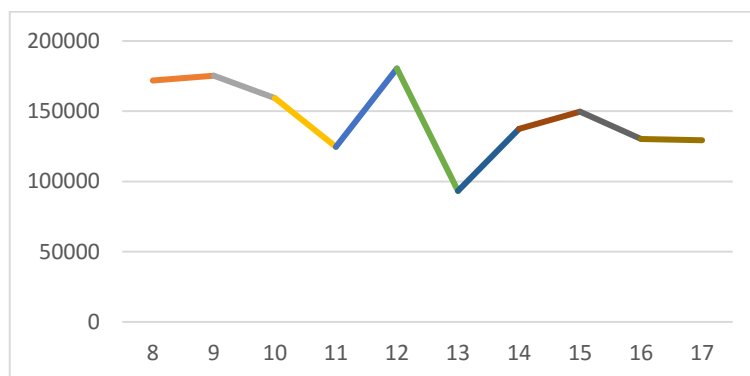


Figura 5-26. Throughput promedio en función de horas

En las gráficas anteriores, se observa que los picos más bajos ocurren en horarios de la tarde. Esto se da debido a que en esos horarios los tiempos son elevados y varían significativamente. Es decir, existe una gran fluctuación de tiempos que van desde los más bajos (registrados por paginas como la 2 y 3) hasta los más altos (registrados por las páginas 1 y 4), donde estos últimos toman mayor importancia ya que son relevantes en cuanto a tolerancia. Además, es el horario donde más tráfico celular existe, por lo que el canal, al ser multiplexado (EDGE), se reduce significativamente.

Se obtiene al final una gráfica de promedios en cuanto a Throughputs (figura 5-26), y se observa que la tasa de transferencia oscila 100000 y 200000 bps, alcanzando buenos resultados por la mañana y decayendo un poco a la tarde, donde la tasa oscila en un intervalo de 50000 bps (entre 100 y 150 mil bps.). Al no ser tan grande el intervalo de oscilación y no poseer picos muy bajos, la tasa es la adecuada en cuanto a tolerancia del usuario.

---

### V.1.3. ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA

A continuación, se analizará un archivo .log exportado desde PowerTutor.

#### **Día 1 – cliente en zona remota**

En la figura 5-27 se observa el consumo de energía en un día de medición. En el eje horizontal se representan las horas (en este caso 9) mientras que en el eje vertical la energía consumida en mj.

En color azul se representa la energía consumida por hora de cpu para el navegador web. Mientras que en color rojo la energía consumida por el cpu sin discriminar procesos, es decir el consumo total de cpu por hora. El análisis de contraste esta puesto en el navegador web, debido a que la aplicación m-learning “aprendiendo” es una aplicación web.

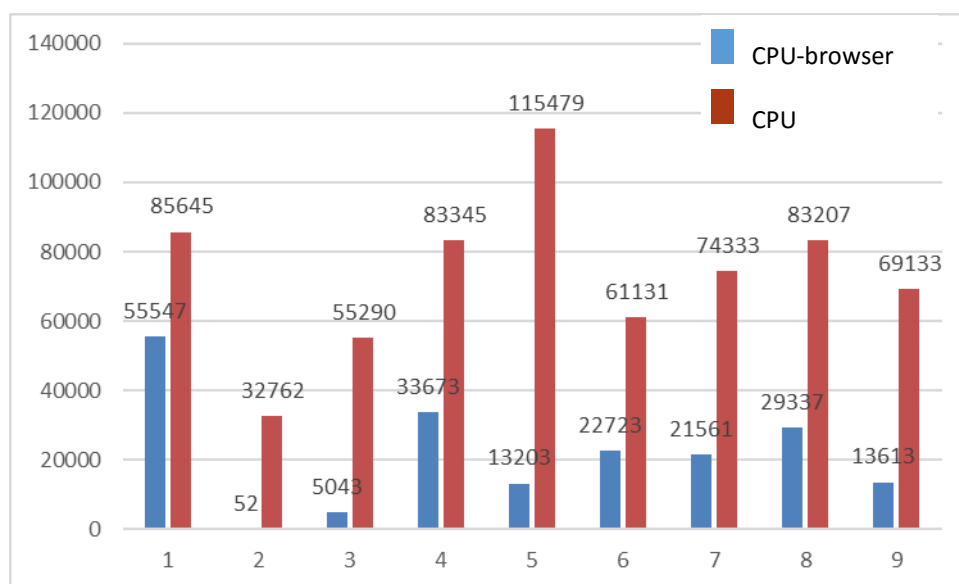


Figura 5-27. Consumo energético en un día de medición: cliente solo

Consumo total cpu-browser = 194752mJ

Consumo total del cpu = 660325mJ

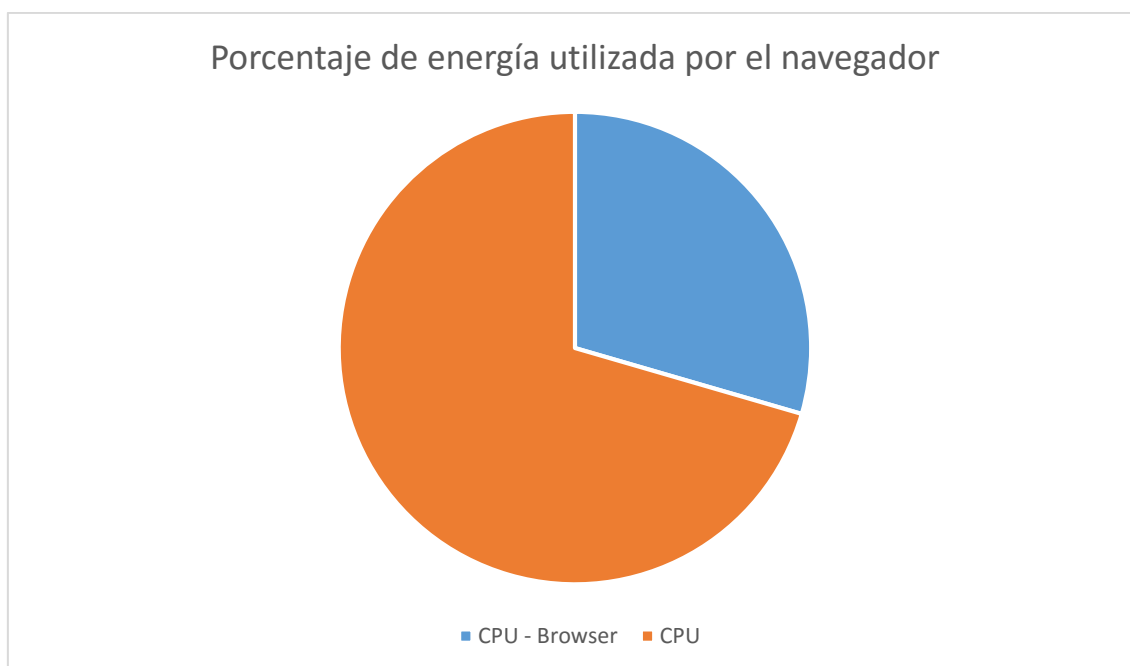


Figura 5-28. Consumo del navegador con respecto al consumo total

Respecto del consumo total (figura 5-27) se observa que el consumo del cpu-browser representa el 29,5% sobre el total de consumo de cpu. Esto da a entender, que la aplicación “*aprendiendo*” solo se lleva, aproximadamente, una cuarta parte de la energía total del teléfono. Esto teniendo en cuenta que se deben mantener al mínimo el número de



aplicaciones que se ejecutan en segundo plano. Se utilizó para esta medición el navegador nativo de Android.

Día 1 – MANET

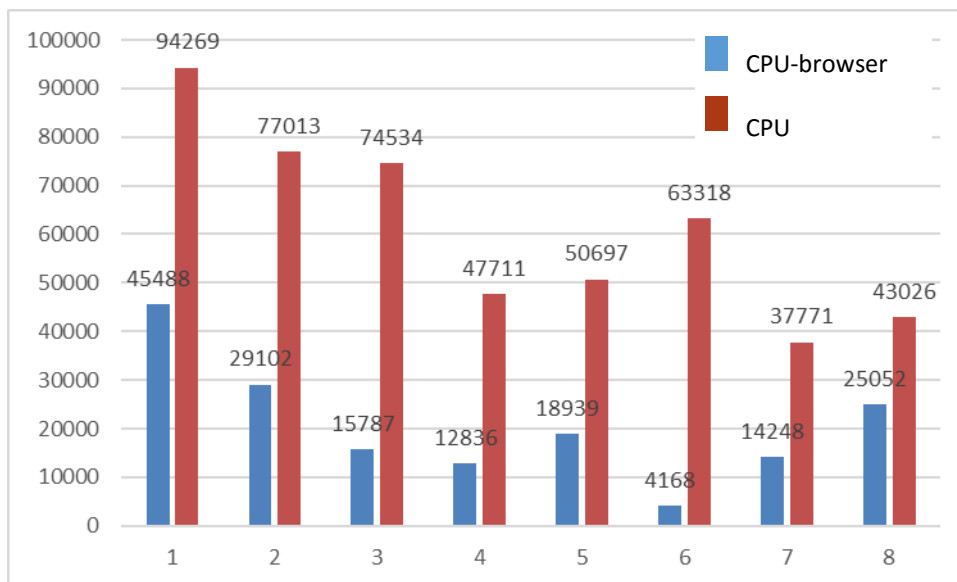


Figura 5-29. Consumo energético en un día de medición: MANET

Consumo total cpu-browser = 165620 mJ

Consumo total del cpu = 488339 mJ

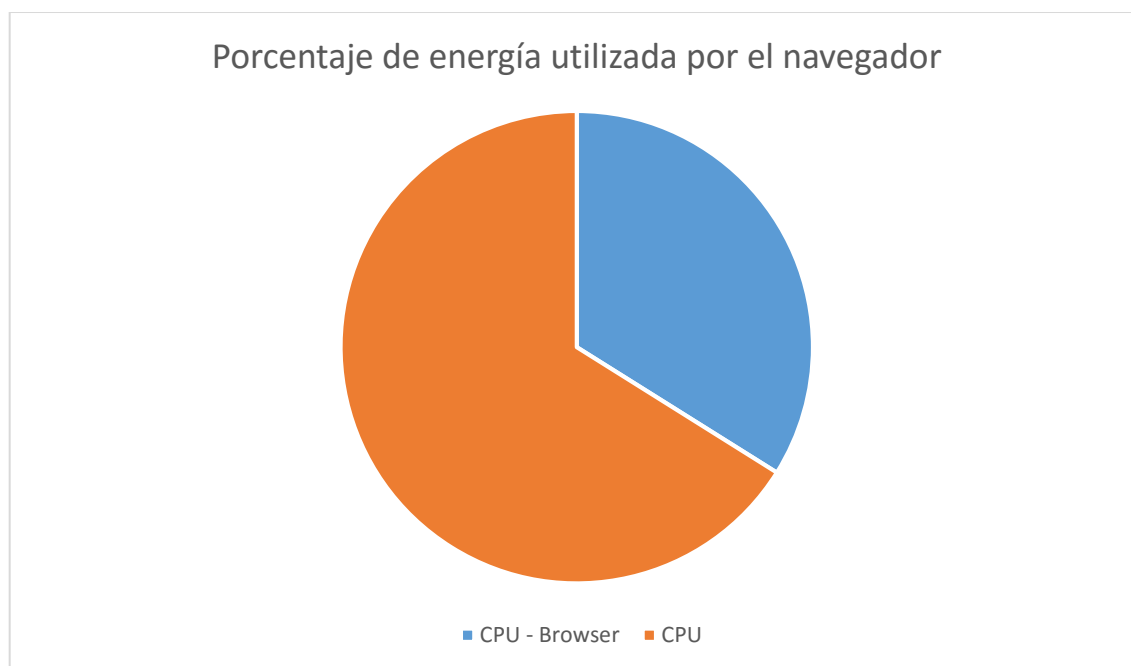


Figura 5-30. Consumo del navegador con respecto al consumo total: MANET

Respecto del consumo total se observa que el consumo del cpu-browser representa el 33.91% sobre el total de consumo de cpu. Al igual que el escenario anterior el uso de la aplicación “aprendiendo” solo representa alrededor de la cuarta parte sobre el consumo total de cpu del teléfono.

Se utilizó para esta medición el navegador nativo de Android.

Comparando el total de consumo energético de CPU en ambos escenarios, se observa que el cliente de manera individual consume un 26.06% más energía que en la red MANET.

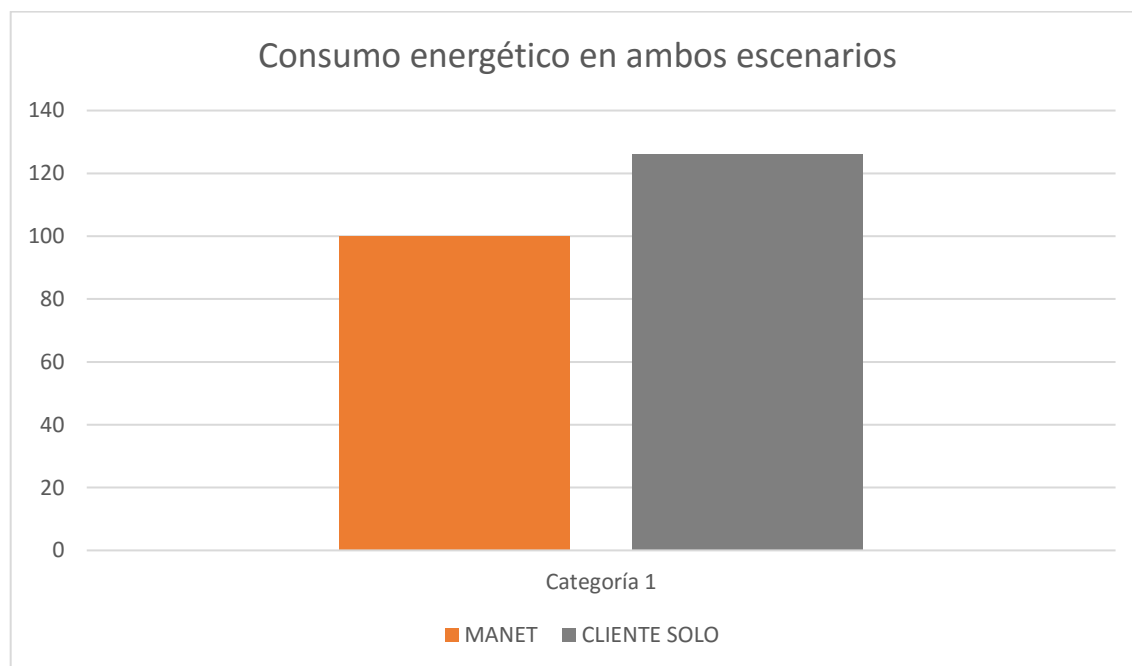


Figura 5-31. Consumo energético: MANET vs cliente solo

Día 2 – cliente en zona remota

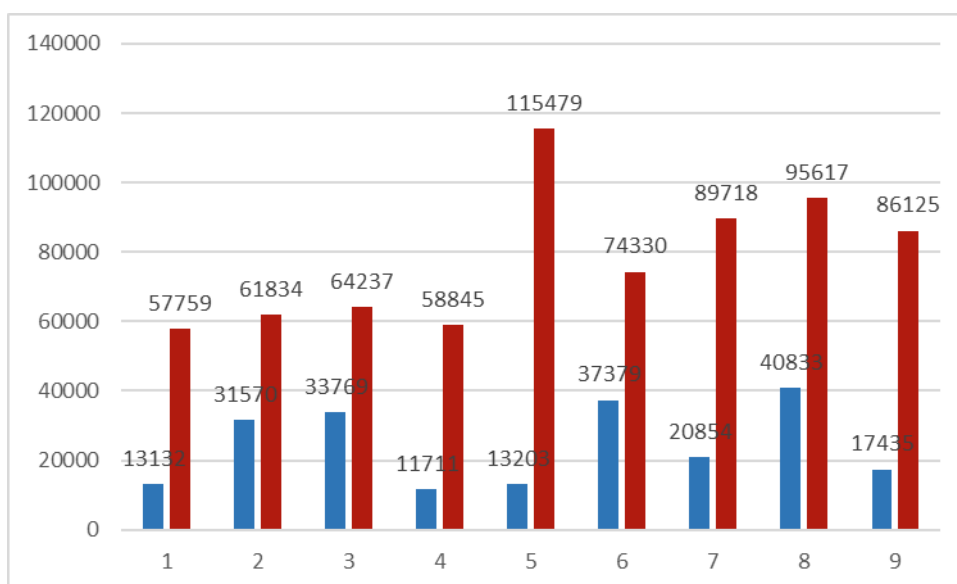


Figura 5-32. Consumo energético en un día de medición: cliente solo (2)

Consumo total CPU-browser = 219886mJ

Consumo total del CPU = 703944mJ

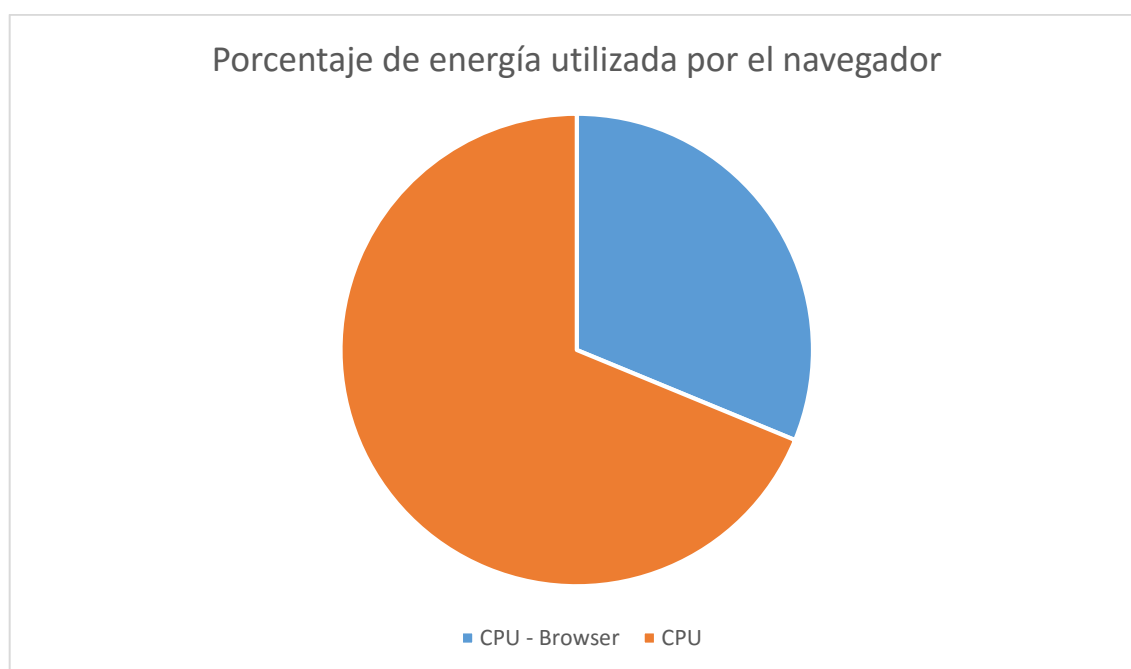


Figura 5-33. Consumo del navegador con respecto al consumo total: cliente solo

Respecto del consumo energético total se observa que el consumo del cpu-browser representa el 31,23% sobre el total de consumo de cpu. Se utilizó para esta medición el navegador nativo de Android.

Día 2 – MANET

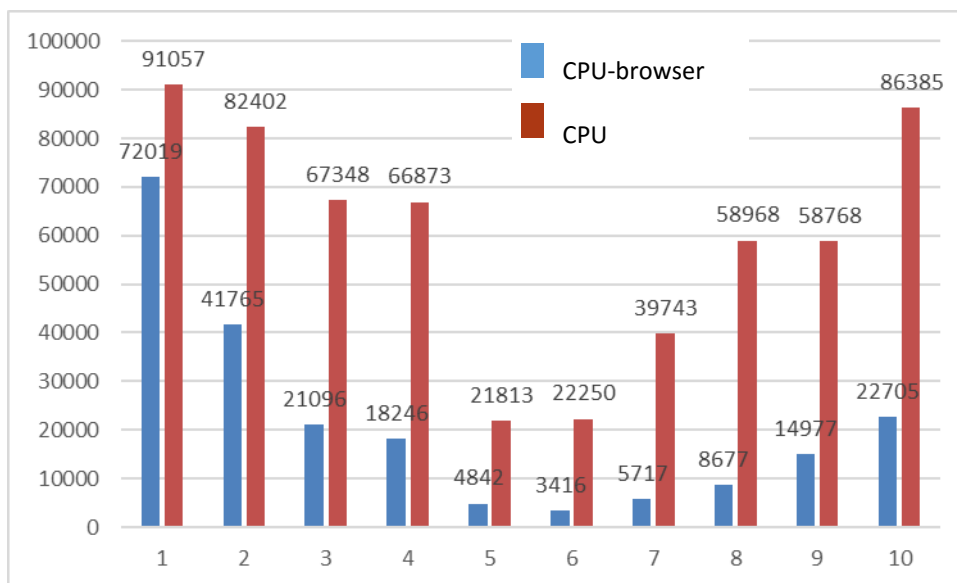


Figura 5-34. Consumo energético en un día de medición: MANET (2)

Consumo total cpu-browser = 213460mJ

Consumo total del cpu = 595607mJ

Respecto del consumo total se observa que el consumo del cpu-browser representa el 35,83% sobre el total de consumo de cpu. Se utilizó para esta medición el navegador nativo de Android.

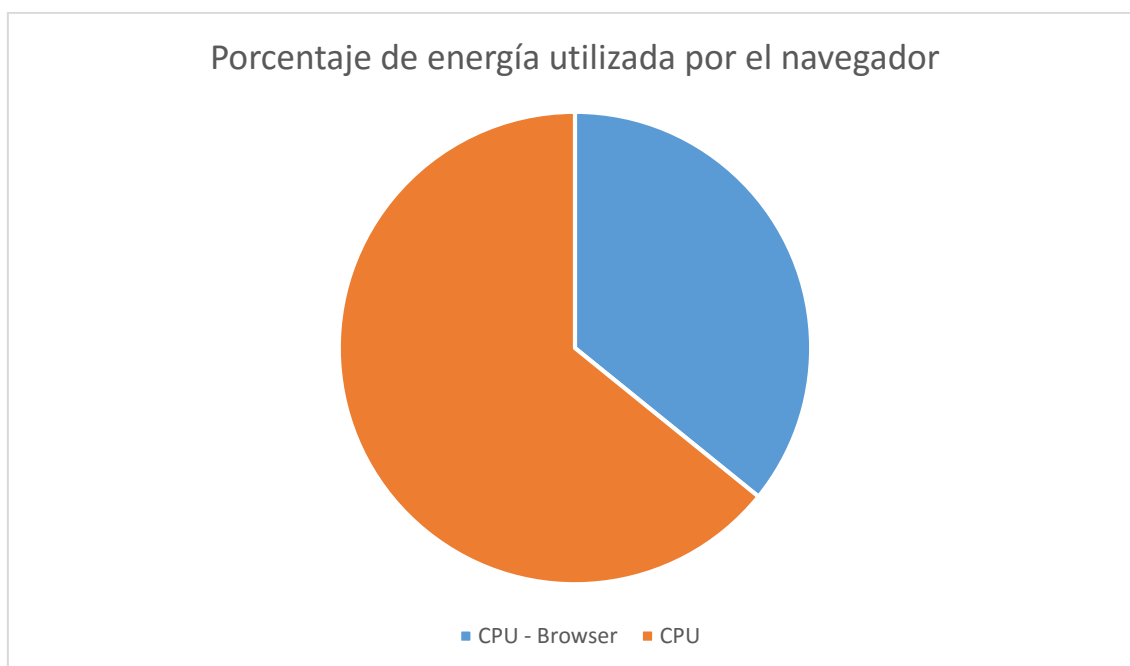


Figura 5-35. Consumo del navegador con respecto al consumo total: MANET.

- El comportamiento en el consumo de energía, analizado en el punto anterior, es representativo. Para observar los demás días analizados, ver el CD anexo.

## V.2. CONTRASTACIÓN DE ESCENARIOS: MANET VS. CLIENTE

En este apartado, se intentará hacer prevalecer los beneficios a la hora de hacer uso del despliegue de una red MANET, en comparación con la idea de usar solamente un dispositivo, para acceder a recursos de Internet.

### V.2.1. CONTRASTACIÓN DE LATENCIAS

#### ICMP en función de los pings efectuados

A continuación, se observan en la gráfica dos funciones trazadas. Las dos corresponden a los resultados obtenidos de latencia, cada una es una función representativa de las muestras obtenidas para las mediciones de una MANET desplegada, y mediante el uso de un solo celular (cliente). Ambos casos se realizaron en zonas de recursos limitados.

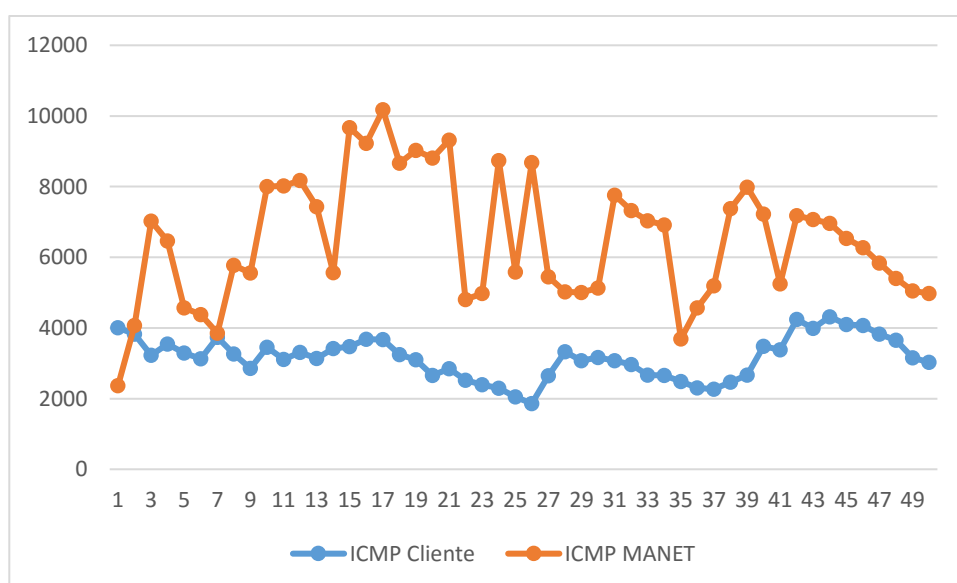


Figura 5-36. ICMP: MANET vs Cliente

Como era de esperarse, en la figura 5-27, la latencia obtenida en el cliente es inferior a su par. En efecto, los valores arrojados por la función azul oscilan prácticamente sin salir del intervalo entre los 2 y 4 segundos. Es una función bastante estable y uniforme en cuanto a los retardos que se producen a nivel capa de red.

En contraste aparece la función ICMP MANET, la cual contiene tiempos más altos. A diferencia de ésta, la función se mueve en un intervalo más amplio (de 4 a 10 segundos). Lo beneficioso de la red MANET es que, como ya se había mencionado en ocasiones anteriores, los tiempos no se mantienen en picos altos en intervalos reducidos, sino que hay una oscilación de valores que compensan las demoras. Esto se ve reflejado aquí. A continuación, se muestra una tabla comparativa con algunos resultados relevantes.

Tabla 5 - 5. ICMP. Comparación entre resultados MANET vs Cliente

<i>ICMP</i>	<b>Tiempo promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<i>MANET</i>	6502,615389	55599	626
<i>Cliente</i>	3162,387861	16572,5	500

En la tabla 5-5 se muestra que hay una excesiva diferencia entre máximos, llegando a casi los 40 segundos, mientras que, con los mínimos, esta diferencia es prácticamente inexistente. Lo que realmente interesa es el tiempo promedio, pues es una representación numérica de cada función. En esta diferencia se puede apreciar lo mencionado en el párrafo anterior, es decir, por más que se manejen valores muy elevados en la red MANET, como por ejemplo el máximo citado en la tabla, los tiempos siempre fluctúan y convergen a un tiempo o intervalo reducido de espera. En este caso el tiempo promedio apenas duplica al del cliente, siendo aceptable con respecto a los niveles de tolerancia.

HTTP en función de los pings efectuados

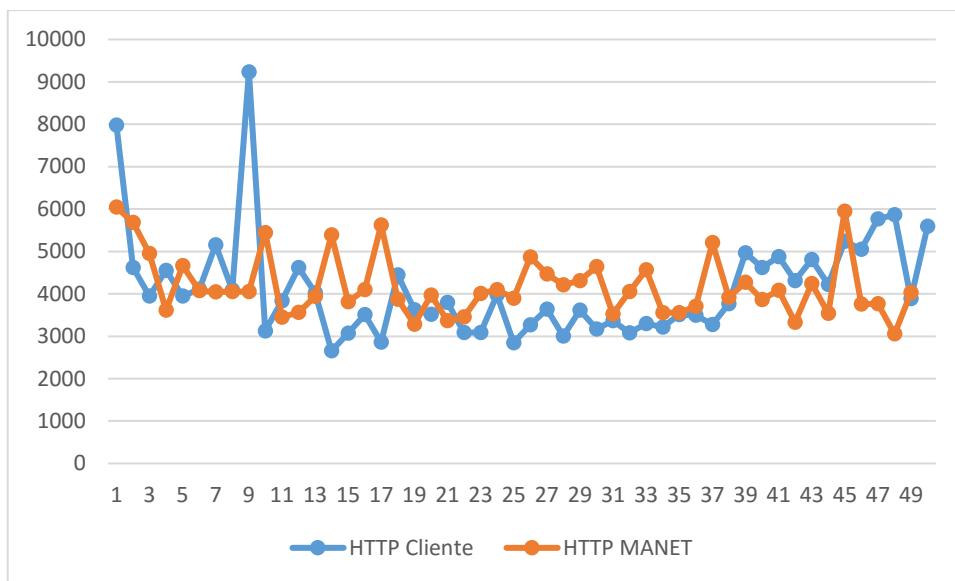


Figura 5-37. HTTP - MANET vs. Cliente

A diferencia con lo que ocurría en la gráfica de ICMP (figura 5-27), en ésta se puede observar una similitud muy cercana entre las dos funciones. Las mismas comienzan con valores elevados, pero al progresar el número de pings, los tiempos convergen a un intervalo de 2 segundos (entre 4 y 6 segundos), inclusive la función de Cliente logra tomar el único valor máximo, alejado de este intervalo, en el ping número 9, el cual supera los 9 segundos. Es por estos factores que los resultados plasmados en la gráfica son óptimos.

Es decir, el uso de la MANET es similar al uso de cliente en lo que respecta al protocolo HTTP. Recordando que la aplicación de prueba es una página web, la cual se rige a través de este protocolo. Por lo que el despliegue de una MANET es factible teniendo en cuenta esto.

Tabla 5-6. HTTP. Comparación entre resultados MANET vs Cliente

<i>HTTP</i>	<b>Tiempo promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<i>MANET</i>	4183,436735	25183	1456
<i>Cliente</i>	4133,323944	29194	1714

En la tabla presentada arriba, se puede determinar que los resultados son muy parecidos, reforzando lo que ya se había dicho anteriormente.

ICMP en función de las horas de medición

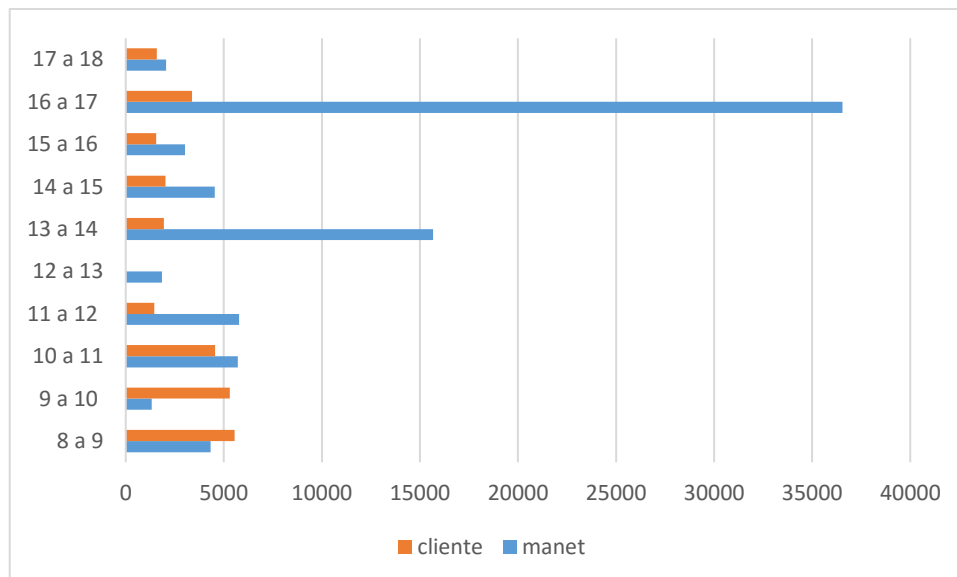


Figura 5-38. ICMP - MANET vs. Cliente en función de las horas

En este gráfico, a comparación con lo que sucedida en el grafico en función de pings (figura 5-27), los tiempos en cliente y MANET se mantienen equilibrados a excepción de dos segmentos horarios: entre 13 y 14 hs., y entre 16 y 17 hs. Alcanzando los 15 y 35 segundos respectivamente. Esto se da por el tráfico de red existente en horas de la tarde. A pesar de esto, si se hace un balance general, exceptuando estos intervalos donde el tiempo se incrementa sustancialmente, en el resto de las franjas horarias existe un comportamiento parecido, donde se registran tiempos bajos.

HTTP en función de las horas de medición



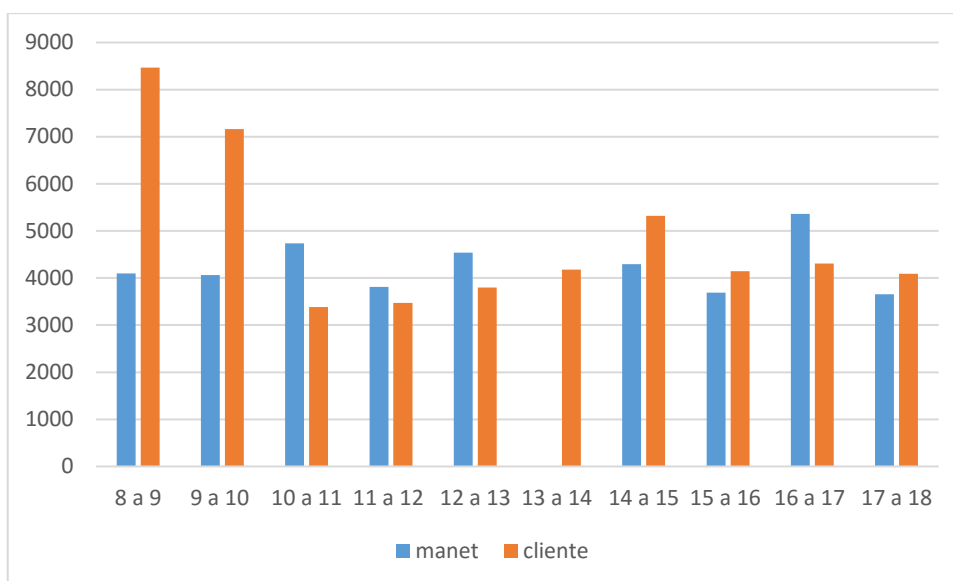


Figura 5-39. HTTP - MANET vs. Cliente en función de las horas

Aquí ocurre lo que se venía dando en el parámetro de análisis que tiene que ver con el numero de pings. Los tiempos tanto de MANET como del Cliente siguen un determinado comportamiento y se mantienen parejos alrededor del eje del 4to segundo. Observen que, en la función de cliente, los valores comienzan elevados en la franja horaria de 8 a 10, luego se decremantan, haciéndose eje donde se mencionaba.

## V.2.2. CONTRASTACIÓN DE THROUGHPUTS

Para contrastar las mediciones efectuadas con el despliegue de una MANET y con el uso del Cliente, se tomaron 7 y 3 días respectivamente. La cantidad de ambos no altera el análisis correspondiente.

En función del acceso a las páginas.

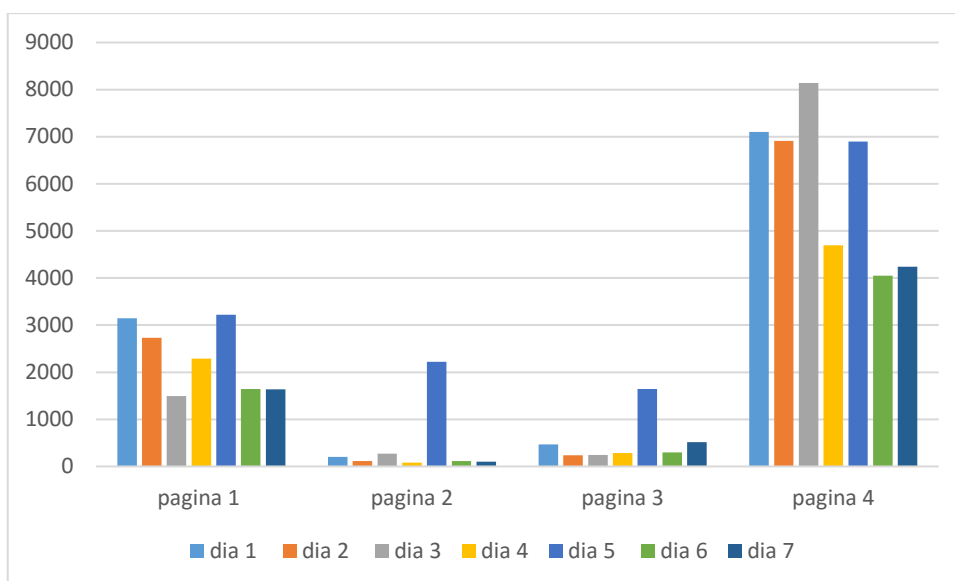


Figura 5-40 Tiempo promedio MANET en función de las páginas y días

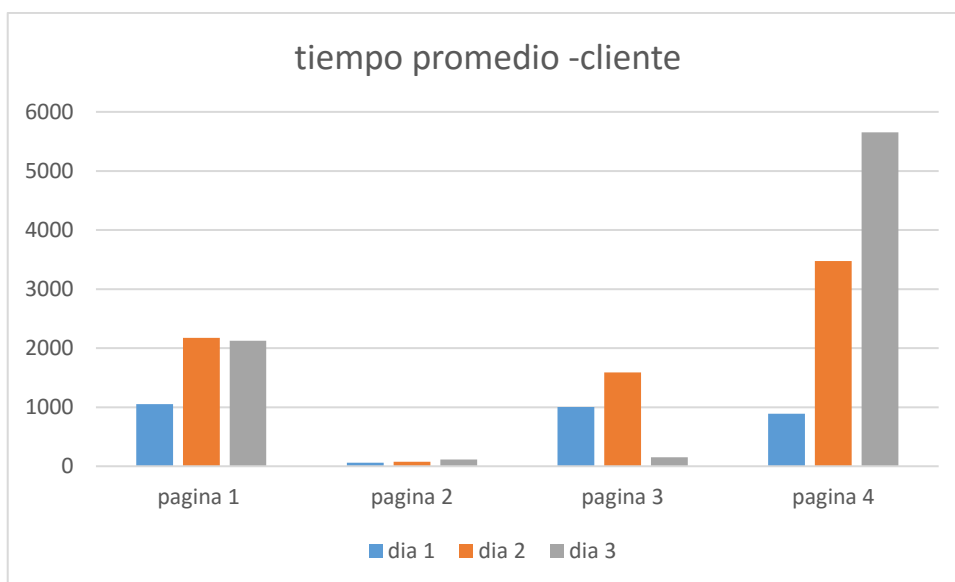


Figura 5-41. Tiempo promedio Cliente en función de las páginas y los días

Aquí se observan las gráficas correspondientes a los tiempos promedios registrados por días, en función del acceso a las 4 páginas. Observe que el comportamiento en las dos graficas es análogo, puesto que se trabaja con las mismas páginas, y el tiempo varía solamente en unos cuantos milisegundos.

Efectivamente, si se observa la gráfica, las barras correspondientes a las páginas: 1 y 4, son las que más tiempo acumulan, obteniéndose en la gráfica, la forma de una parábola

en su totalidad. El tiempo máximo en el escenario del Cliente es de 5 segundos, mientras que en la MANET es de 8 segundos. Diferencia aceptable en lo que se refiere a tolerancia.

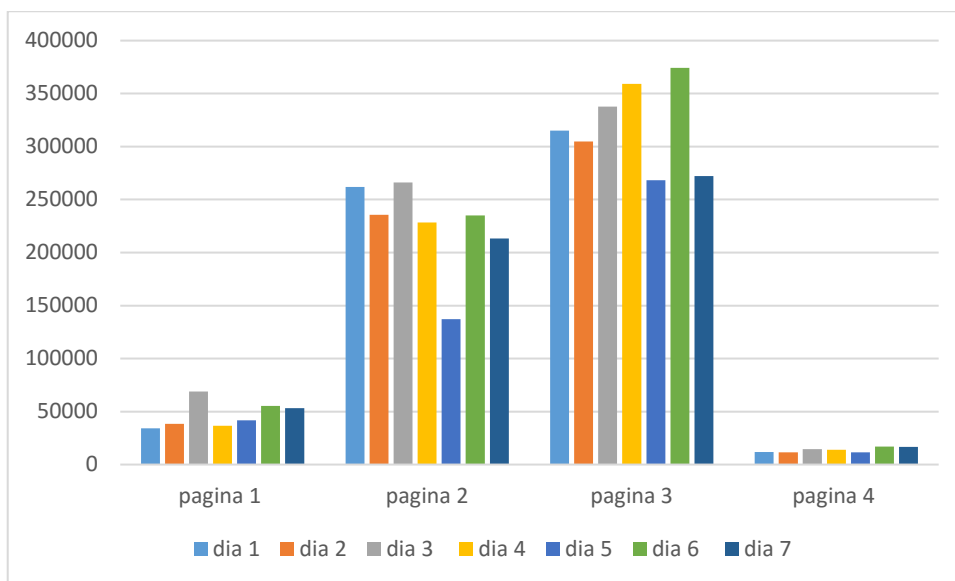


Figura 5-42. Throughput MANET en función de las páginas y los días

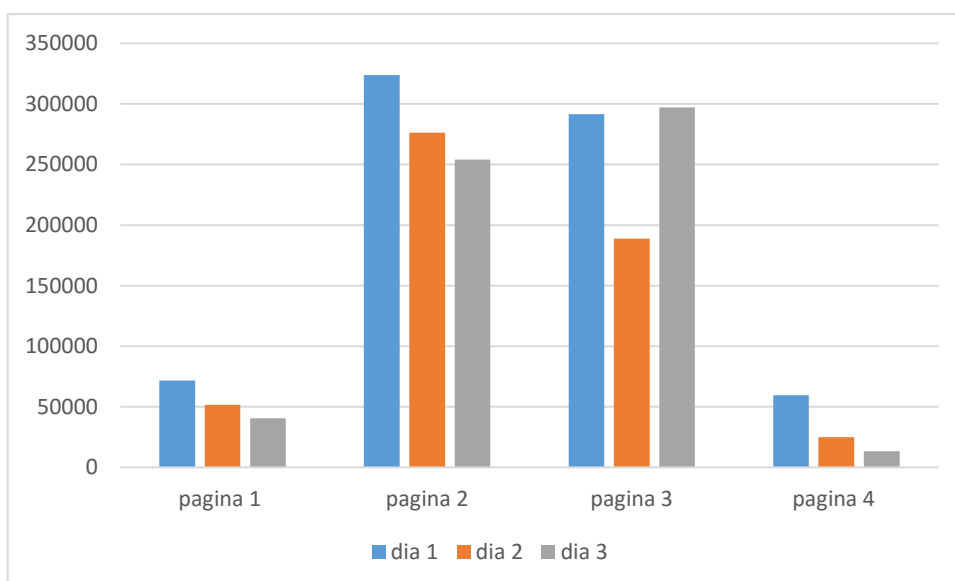


Figura 5-43. Throughput Cliente en función de las páginas y los días

De acuerdo a las gráficas del tiempo promedio, el Throughput debería comportarse de forma inversa, es decir, donde los tiempos hayan sido elevados, el Throughput debería ser mínimo y viceversa. En efecto, esto se observa en las gráficas de arriba. Las gráficas toman forma de campana consiguiendo sus valores máximos en 350 y 300 mil bps.

Es así que las velocidades de transporte de los datos son similares en ambos escenarios, por lo que el uso de la MANET resulta más beneficioso por las funcionalidades extras que no ofrece el otro escenario, como la multiplicidad de usuarios.

En función de las horas de medición

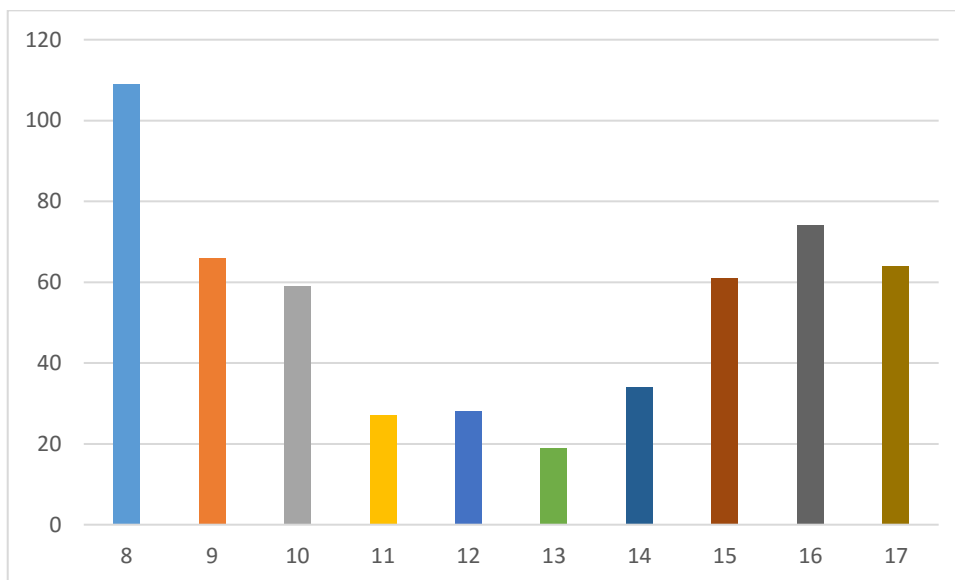


Figura 5-44. Cantidad de cargas MANET en función de las horas

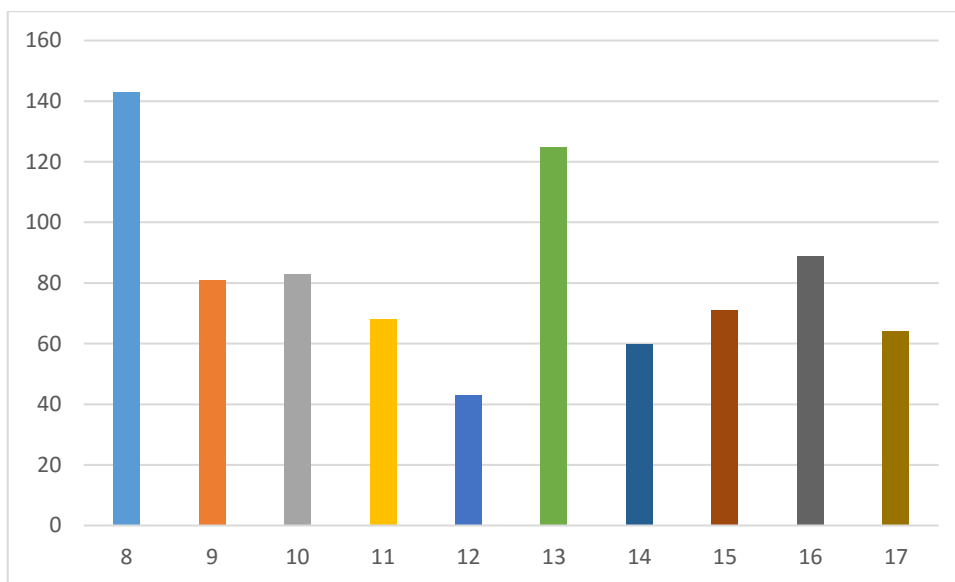


Figura 5-45. Cantidad de cargas Cliente en función de las horas

En estas graficas se observa que la cantidad de cargas en el escenario del cliente son más que en el escenario de la MANET. Promediando, en total se tienen 827 cargas de la segunda gráfica, mientras que en la otra se obtiene un total de 541 cargas.

Como se sabe, EDGE es un canal multiplexado. Por lo que, a pesar que cuenta con 384 kbps de ancho de banda, el porcentaje de la velocidad de transferencia con respecto a éste es relativa, ya que el canal se divide. Sin embargo, a efectos de destacar diferencias entre escenarios, se procede a analizar el porcentaje del canal usado como si fuera uno solo, es decir, un canal dedicado.

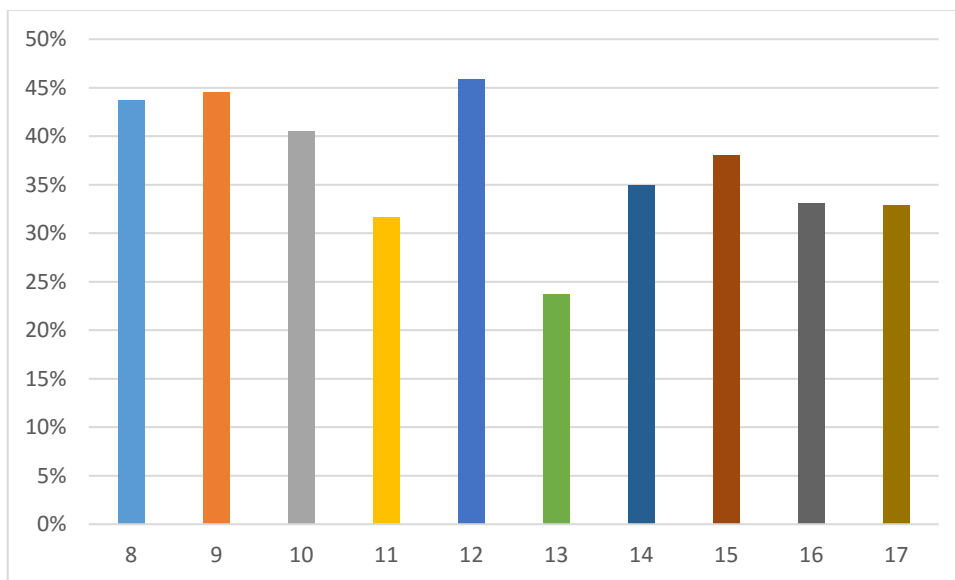


Figura 5 - 46. Porcentaje de canal utilizado - MANET

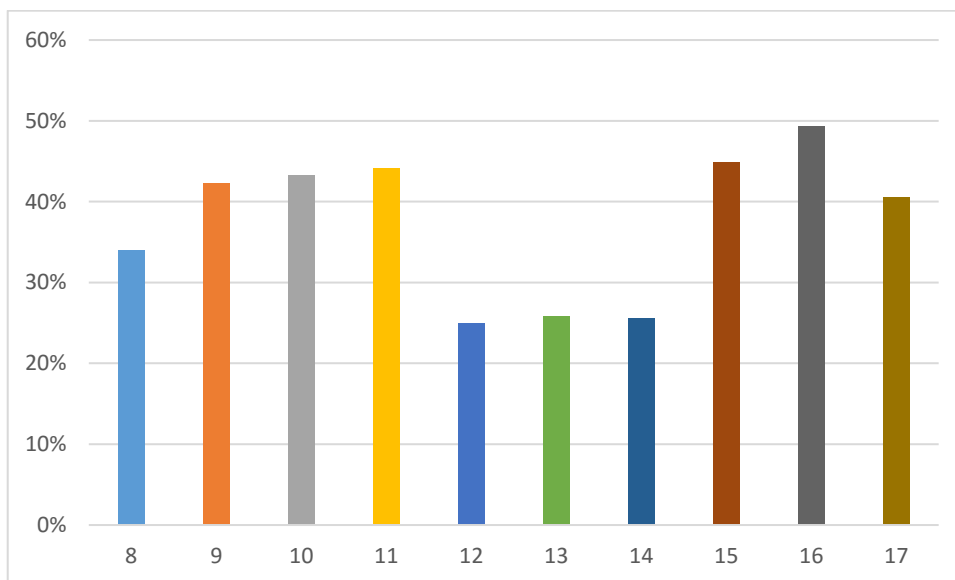


Figura 5 - 47. Porcentaje del canal utilizado - Cliente

Como puede apreciarse en la comparación de ambas gráficas, el mayor uso del ancho de banda se lo adjudica la red MANET. Esto se debe a que en ella coexisten varios dispositivos vinculados que se reparten el canal mediante la interacción con un servidor.

### Resultados cronometrados

En este apartado se presenta la parte métrica de la experiencia realizada con alumnos en la escuela. Para ello se hizo uso de la base de datos de la aplicación, Se analizaron estos datos registrados en el día a día de la experimentación para efectuar conjeturas al respecto.

La experiencia realizada duró alrededor de 1 hora y se recabaron los siguientes datos:

- Numero de dispositivos= tres esclavos y un maestro
- Número de páginas cargadas = 105

	PÁGINA 1	PÁGINA 2	PÁGINA 3
<b>CANTIDAD DE CARGAS</b>	10	10	43
<b>TIEMPO PROMEDIO POR PAGINA</b>	3767,23256	627,4754	1013,32
<b>THROUGHPUT PROMEDIO POR PAGINA</b>	39834,89493	28311,31339	41450,57

análisis de datos arrojados.

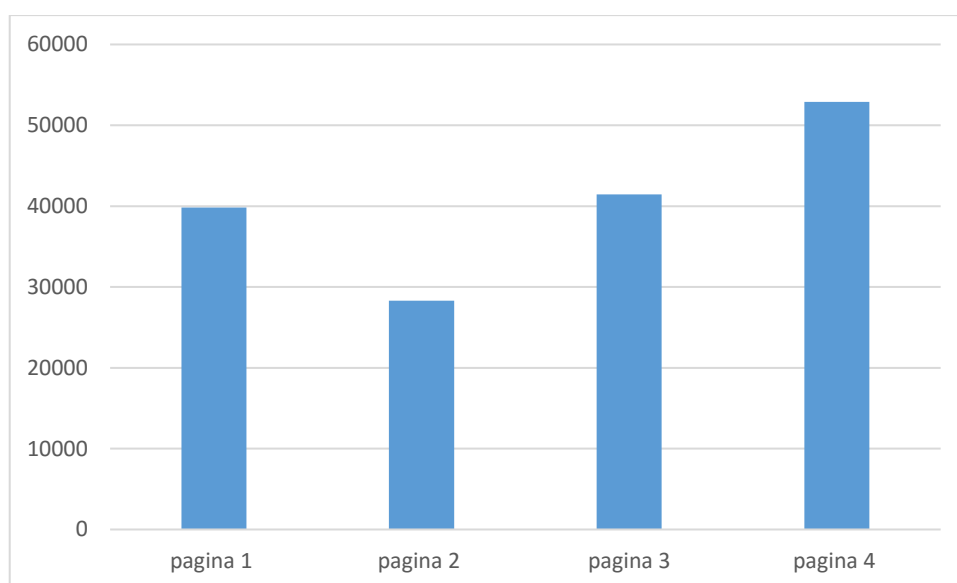


Figura 5-48. Throughput promedio por página

El throughput toma valores equilibrados con picos altos en las páginas 1 y 4.

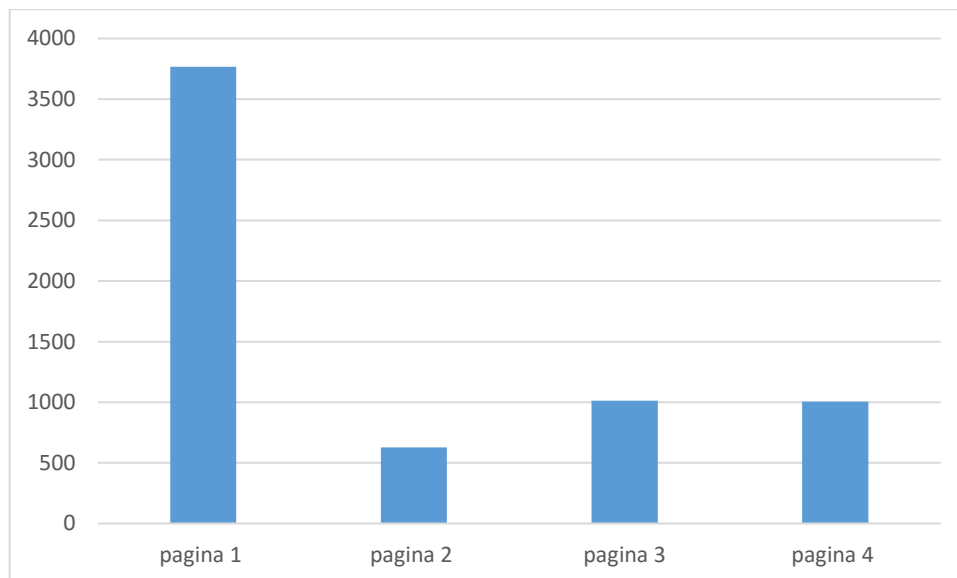


Figura 5-49. Tiempo promedio por página

En los tiempos se observan tiempos elevados en lo que respecta a la página 1, posiblemente por el tiempo de espera al comienzo, ya que el cache web estaba vacío en todos los dispositivos.

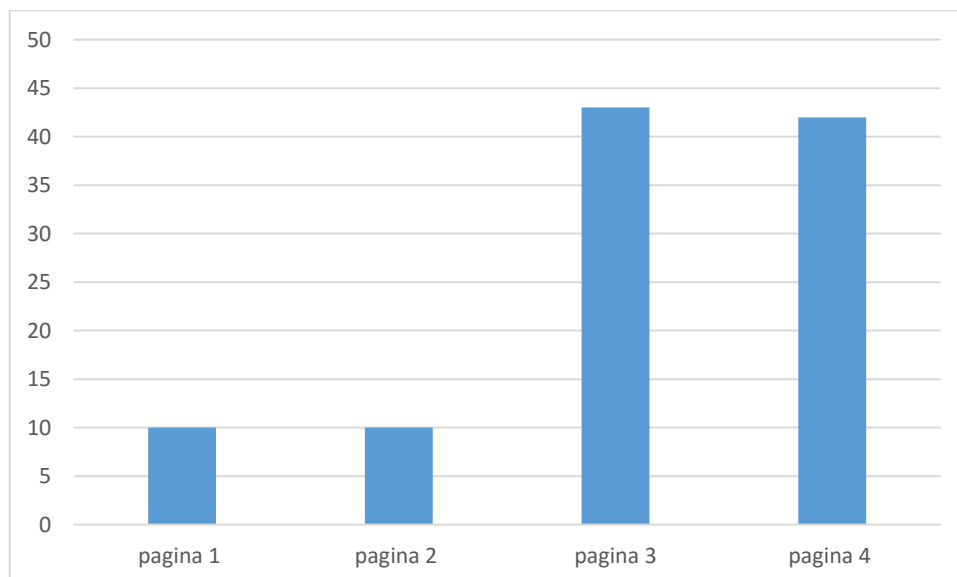


Figura 5-50. Cantidad de cargas

La cantidad de cargas tiene a las páginas 3 y 4 como dominadoras. Posiblemente porque los chicos accedían con mayor frecuencia a las páginas de juego y puntaje.



## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el trabajo experimental, se puede afirmar que el uso de redes PAN Bluetooth, GPRS y EDGE aseguran un funcionamiento correcto de la aplicación “*Apprendiendo*” y satisface las expectativas generadas en el docente itinerante y los alumnos.

Esto permite concluir que el uso del modelo MANET-LEARN es efectivo y eficiente para el desarrollo de experiencias de m-learning en estas zonas de recursos energéticos limitados.

Respecto a la experiencia desde el punto de vista educativo, los resultados fueron satisfactorios en función del análisis de usabilidad, aprendizaje observado en los alumnos y entrevista personal con el docente itinerante.

Se proponen las siguientes líneas de investigación para mejorar la propuesta presentada:

- ❖ Mejorar la aplicación m-learning, en base en las sugerencias de los docentes y alumnos que participaron de la experiencia.
- ❖ Analizar el comportamiento del modelo MANET-LEARN mediante la implementación de una aplicación m-learning nativa, en lugar de la aplicación propuesta en este trabajo (aplicación web adaptativa).
- ❖ Analizar el rendimiento del modelo propuesto utilizando alguna herramienta de simulación como ser NS-3, para poder fácilmente estudiar redes, compuestas por distintas cantidades de nodos, con facilidad.
- ❖ Aprovechar de los resultados de los cuestionarios (almacenados en el servidor) para disponer de un seguimiento del alumno, con la finalidad de detectar los temas en los que requiera apoyo adicional.
- ❖ Trabajar con investigación en energía solar. Utilizar mini sistemas fotovoltaicos, de tamaño y peso reducido, que puedan ser transportados por el docente itinerante hasta la escuela rural. Estos permitirán la recarga de energía en las aulas que no dispongan de paneles solares u otras fuentes de recarga.

## REFERENCIAS

- [1] **ADSLzone**. Disponible en: <http://www.adslzone.net/>. Fecha de acceso: enero de 2016.
- [2] **Alegsa**. Disponible en: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/profesional%20ti.php> Fecha de acceso: agosto 2015.
- [3] **Área tecnología**. Disponible en: <http://www.areatecnologia.com/Que-es-un-smartphone.htm>. Fecha de acceso: mayo 2015.
- [4] **Asoke K Talukder. Roopa R Yavagal**. Mobile Computing: Technology, Applications and Service Creation.
- [5] **Bluetooth Special Interest Group**. Bluetooth Special Interest Group. Bluetooth Network Encapsulation Protocol (BNEP). Disponible en: <http://grouper.ieee.org/groups/802/15/Bluetooth/BNEP.pdf>. Fecha de acceso: 15 de septiembre de 2015.
- [6] **Bluetooth Special Interest Group**. *Personal Area Networking Profile*. Disponible en: <http://grouper.ieee.org/groups/802/15/Bluetooth/PAN-Profile.pdf>. Fecha de acceso: abril de 2015
- [7] **Bluetooth report** - What's the difference between the versions?. Disponible en: <http://www.bluetoothreport.com/bluetooth-versions-comparison-whats-the-difference-between-the-versions/>. Fecha de acceso: febrero de 2015.
- [8] **Bluetooth Technology Website**. Disponible en: <http://bluetooth.org>. Fecha de acceso: diciembre de 2015.
- [9] **Bluetooth y el estándar IEEE 802.15**. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/archundia\\_p\\_fm/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo3.pdf). Fecha de acceso: Enero 2016.
- [10] **Brooke, J.** (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. En Jordan, P. W., Thomas, B., Weerdmeester, B. A., McClelland (eds.) Usability evaluation in industry. London: Taylor & Francis, pp. 189–194.
- [11] **Chai, K. T.** Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Protocols and Systems. 1ra edición. pp. 336. ISBN 978-0-13-007817-9. (2002).

- [12] **Clustering in mobile ad-hoc networks.** Disponible en: <http://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF5090/v11/undervisningsmateriale/INF5090-Clustering-2011-Oslo-handouts.pdf>. Fecha de acceso: abril 2016.
- [13] **Conceptos Arquitecturas de Computadora.** Disponible en: <https://conceptosarquitecturadecomputadoras.wordpress.com/bluethoot/>. Fecha de acceso: Julio 2015.
- [14] **Conde, R.** Disponible en: [http://celulares.about.com/od/Preguntas\\_frecuentes/a/Que-Significan-1g-2g-3g-Y-4g.htm](http://celulares.about.com/od/Preguntas_frecuentes/a/Que-Significan-1g-2g-3g-Y-4g.htm). Fecha de acceso: 15 de marzo de 2015.
- [15] **Developer Android.** Disponible en: <http://developer.android.com/reference/android/telephony/NeighboringCellInfo.html>. Fecha de acceso: noviembre 2014.
- [16] **Dorronsoro, B.** Redes Móviles Ad-Hoc. *ECI (escuelas de ciencias informáticas) 2014*. UBA, Buenos Aires, Argentina: s.n., 2014.
- [17] **Ee-techs.** Disponible en: <http://www.ee-techs.com/wlan/lmp.pdf>. Fecha de acceso: Abril 2015.
- [18] **eMarketer.** Disponible en: [www.emarketer.com](http://www.emarketer.com). Fecha de acceso: agosto 2015.
- [19] **Daniela Ximena González Camaño.** Estudio comparativo del estándar ultrawide band (uwb) frente a bluetooth y zigbee (Tesis para optar al título de Ingeniero en Electrónica). Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bmfci643e/doc/bmfci643e.pdf>. Fecha de acceso: abril 2016.
- [20] **Etsi.** Disponible en: <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile/edge>. Fecha de acceso: Septiembre 2014.
- [21] **Google Play.** “Httping”. Disponible en [www.play.google.com](http://www.play.google.com). [En línea]. Heusden, Folkert van.
- [22] **Google Play.** “PowerTutor”. Disponible en [www.play.google.com](http://www.play.google.com). [En línea]. Heusden, Folkert van.
- [23] **Google Play.** “PingDns”. Disponible en [www.play.google.com](http://www.play.google.com). [En línea]. Heusden, Folkert van.
- [24] **Google Play.** “Network Signal Info”. Disponible en [www.play.google.com](http://www.play.google.com). [En línea]. Heusden, Folkert van.
- [25] **Ijsret.** Disponible en: <http://www.ijsret.org/pdf/120530.pdf>. Fecha de acceso: octubre 2015.

- [26] **Krag, T., Büettrich S.** Wireless Mesh Networking. O'ReillyWirelessDev Center. Recuperado de <http://www.oreillynet.com/pub/a/wireless/2004/01/22/wirelessmesh.html> (2004).
- [27] **Luis Marrone, Andrés Barbieri, Matías Robles.** *Tecnología Wireless y Movilidad en IPV4/IPV6*. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de la Plata, 2011. ISBN.
- [28] **López, G. J.** Capítulo 1: Sistemas de 3G. Universidad de Las Américas Puebla. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/lopez\\_g\\_j/capitulo\\_1.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/lopez_g_j/capitulo_1.html). Fecha de acceso: mayo de 2015.
- [29] **MercadoLibre.** Disponible en: <http://www.mercadolibre.com.ar/>. Fecha de acceso: [octubre 2015](#).
- [30] **Ogaz, Patricio Rafael Arzola.** Servicios de valor agregado en tecnología 4G. [En línea] 2011. [www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-arzola\\_po/pdfAmont/cf-arzola\\_po.pdf](http://www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-arzola_po/pdfAmont/cf-arzola_po.pdf).
- [31] **OMG Unified Modeling Language TM (OMG UML)**, Superstructure and Infrastructure (Versión 2.4). Disponible en: <http://www.omg.org/spec/UML/2.4/>. Fecha de acceso: febrero de 2015.
- [32] **OpenSignal.** Disponible en: <http://opensignal.com/coverage-maps/Argentina/>. Fecha de acceso: octubre 2015.
- [33] **Pallares, J. C.** Redes Ad hoc entre Vehículos. (Trabajo final de la carrera “Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, especializada en Telemática”). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. (2008).
- [34] **Petrotecnia.** Disponible en: <http://www.petrotecnia.com.ar/febrero12/sin/LaImportancia.pdf>. Fecha de acceso: noviembre 2015.
- [35] **Preguntados.** Disponibe en <http://www.preguntados.com>. Fecha de acceso: febrero de 2016.
- [36] **Proyectos Aragua.** Dirección de proyectos. Gobierno bolivariano de aragua. Estudio de Factibilidad. Disponible en: <http://proyectos.aragua.gob.ve/descargas/ESTUDIOFACTIBILIDADECONÓMICA.pdf>. Fecha de acceso: enero 2016.

- [37] **Redes Móviles Ad-Hoc**. ECI 2014. Escuela de Ciencias Informáticas. Bernabé Dorronsoro
- [38] **Rocabado, S. H., Figueroa, D. A., Sanchez, E., Díaz J.** Integración Segura de MANETs con Limitaciones de Energía a Redes de Infraestructura. CACIC. ISBN 978-950-34-0756-1 La Plata, Argentina. (2011).
- [39] **Rocabado, S. H., Figueroa, D. A., Sanchez, E., Díaz J.** Integración Segura de MANETs, desplegadas en zonas de recursos limitados, a Redes de Infraestructura. CACIC. ISBN 978-987-1648-34-4. Bahía Blanca, Argentina. (2012).
- [40] **Rocabado, S. H.** Caso De Estudio De Comunicaciones Seguras Sobre Redes Móviles AdHoc. (Tesis presentada para obtener el grado de Magister en Redes de Datos). Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata. (2013).
- [41] **Rocabado, S. H., Herrera, S. I., Morales, M.I., Estellés, C.** M-learning en zonas de recursos limitados. VIII° Congreso TE&ET. Santiago del Estero, Argentina: s.n., 2013. ISBN 978-987-28186-0-9.
- [42] **Sánchez, J., Sáenz M., Muñoz M., Ramirez G., Martín S.** Situación Actual del M-Learning. CYTED (ciencia y tecnología para el desarrollo) Universidad Politécnica de Madrid y Universidad de Chile. (2009).
- [43] **Sanchez, P. T.** BlueFriend: Implementación De Redes Sociales Mediante Tecnología Bluetooth. *Proyecto Final De Carrera Ingeniería Informática Superior Redes Y Sistemas Operativos*. Facultad De Informática Valencia, Universidad Politécnica De Valencia : s.n., 2008.
- [44] **SCATTERNET - PART 1 BASEBAND VS. HOST STACK IMPLEMENTATION**. White paper. Ericsson Technology Licensing June 2004. Disponible en: <https://docs.google.com/document/d/19LFX5PXMT7YqtN6hyzz8vd5FoDG01ed8kBymjFURuM/edit>. Fecha de Acceso: enero 2016.
- [45] **Solar y Eólica**. Disponible en: <http://www.solaryeolica.com.ar/index.html>. Fecha de acceso: noviembre 2015.
- [46] **Sommerville**. Ingeniería del software: Séptima edición. México. Pearson Educación, 2003.

- [47] **Tanenbaum, A. S.** Redes de Computadoras: Cuarta Edición. México: Pearson Educación, 2003.
- [48] **The Mobile Broadband Standard.** Disponible en: <http://www.3gpp.org/>. Fecha de acceso: enero de 2016.
- [49] **TOP-DOWN NETWORK DESIGN.** Second Edition. A system analysis approach to enterprise network design,
- [50] **Users.** [Curso teórico y práctico profesional de redes - users]. *Profesional de Redes.* Buenos Aires: MP Ediciones, 2006. ISBN.
- [51] **Visual Paradigm.** Disponible en: <http://www.visual-paradigm.com/vpgallery/diagrams/deployment.html#generalization>. Fecha de acceso: Julio 2015.
- [52] **World, UTMS.** UMTS and 3G FAQ page. Disponible en: <http://www.umtsworld.com/umts/faq.htm#f1>. Fecha de acceso 04 de junio de 2006.
- [53] **Wikipedia.** “Códigos de estado HTTP”. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:C%C3%B3digos\\_de\\_estado\\_HTTP](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:C%C3%B3digos_de_estado_HTTP). Fecha de acceso: marzo 2016.
- [54] **Wikipedia.** “Tethering”. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Tethering>. Fecha de acceso: mayo 2015.

## ANEXO 1: ENTREVISTA REALIZADA A DOCENTES ITINERARIOS

A continuación, se muestra las entrevistas realizadas a los docentes, como parte del análisis de factibilidad:

Tipo de entrevista: Cerrada.

Preguntas:

- 1) ¿Qué asignaturas dicta en el establecimiento?
- 2) ¿Considera necesario la implementación de tecnología en el aula? ¿Por qué?
  - a) En caso afirmativo, ¿En cuáles aspectos supone imprescindible el uso de la tecnología?
- 3) ¿Dispone de un Smartphone (teléfono celular inteligente)?
  - a) En caso afirmativo, ¿Cuál es el uso que le da (sólo llamadas, mensajería, ocio, aplicaciones para uso cotidiano, etc.)? ¿Del uno al diez, en qué posición se considera en cuanto al uso del teléfono móvil (interacción con el mismo)? ¿Por qué?
  - b) En caso negativo, ¿Por qué razón no lo hizo (factores económicos, miedo al cambio, razones de salud, etc.)?
- 4) ¿Tiene noción de informática (computación)?
  - a) En caso afirmativo ¿En cuáles aspectos (usar un documento Word, Excel, manejo de material multimedia, conocimientos de hardware (parte física de la computadora: ¿disco rígido, memoria RAM, teclados, mouse, etc.), etc.)?
  - b) En caso negativo ¿Le gustaría especializarse? ¿Por qué? ¿Qué es lo que le gustaría obtener como resultado en su aprendizaje?
- 5) ¿Se cree superior o inferior a los alumnos en lo que respecta a familiarización con la tecnología?
  - a) En caso de inferioridad, ¿Esto sería un impedimento para hacer uso de la tecnología en el aula, por cuestiones de control de mando? ¿Cedería en alguna sugerencia que provenga desde un alumno en esta cuestión? ¿Por qué?
  - b) En caso de superioridad, ¿Cómo plantearía las estrategias? ¿cuáles serían las mismas para difundir las temáticas a través de sus conocimientos informáticos?
- 6) ¿Tiene idea de qué es o cómo funciona una red de computadoras?
  - a) En caso afirmativo, de una breve explicación sobre estas cuestiones. ¿Cuál es el fin de una red de computadoras desde su punto de vista?
- 7) ¿Qué material piensa que es el más didáctico a la hora de dar una clase (videos, imágenes, textos, control de clases, etc.)? ¿Por qué?
- 8) ¿Cree que el establecimiento cuenta con los requisitos mínimos en cuanto a infraestructura e insumos para implementar la tecnología en las clases?
  - a) En caso negativo, ¿Cuál es el factor primordial a cubrir?
- 9) ¿Usted considera que la enseñanza se beneficiaría con el despliegue de una red de dispositivos móviles (teléfonos celulares, Netbooks, notebooks, tablets, etc.)? ¿Por qué?
  - a) En caso afirmativo ¿en qué aspectos lo haría? ¿Usaría la red como eje de la clase o solamente como una herramienta de apoyo?

**Docente**

1)	En la escuela n° 1172 dicto las materias de lengua y Cs. sociales
2)	Considero que la informática debe ser incluida en nuestras prácticas docentes puesto que es un nuevo campo disciplinar que impacta en la construcción de conocimientos y como herramienta para facilitar el trabajo de profesores y alumnos. Considero que puede ser aplicado en todas las áreas de conocimientos.
3)	Sí, dispongo de un Smartphone y lo utilizo para mensajería instantánea, como entretenimiento, para tomar fotografías y filmar. Creo que en cuanto a la puntuación me ubico en un 8 pues si bien conozco la mayoría de las aplicaciones que posee algunas no las utilizo.
4)	Poseo conocimientos de informática ya que realice cursos de perfeccionamiento relativos a las tecnologías. Utilizo frecuentemente Word, PowerPoint, internet, elementos multimedia y el hardware de un pc.
5)	Considero que en algunos aspectos relacionados con la informática educativa mi nivel es superior al de los alumnos con los que pude realizar las primeras experiencias el año pasado y en otros soy inferior en cuanto al conocimiento de programas o juegos que los niños conocen. No considero que el estar en un nivel inferior sea impedimento para hacer uso de la tecnología en el aula ya que el aporte de los alumnos, sus sugerencias enriquecerían las prácticas en un aporte mutuo. En cuanto al estar en un nivel superior mi planteo seria de una mejor organización áulica, con elementos motivadores como la utilización de imágenes, videos que quizás sean inaccesibles en otras circunstancias.
6)	Si tengo idea de cómo funciona una red de computadoras, son computadoras conectadas entre sí que por medio de dispositivos físicos les permite compartir información, recursos y también ofrecer servicios.
7)	Como material didáctico me resultó más llamativo la emisión de videos ya que al ser multi-mediales son de mayor atractivo para los niños. También lo son las imágenes, canciones y por qué no los textos. Considero que la utilización de elementos que no son habituales en la práctica diaria ya es razón suficiente para ser motivadoras y atractivas.
8)	Actualmente nuestro establecimiento cuenta con materiales, infraestructura e insumos suficientes para implementar la tecnología en el aula que no solo se limita a pc, Netbook, sino también DVD, grabadores, proyector, impresoras.
9)	Considero que la enseñanza se beneficiaría ampliamente con la utilización de dispositivos móviles pues facilitaría la conexión a internet, se podrían implementar grupos en las redes sociales, se posibilitaría la mensajería instantánea para consultas en línea, etc. Es decir se enriquecería la didáctica y las practicas docentes.

**Docente**

1)	Dicto las asignaturas de matemáticas y Cs. Naturales.
2)	Considero necesario e importante la implementación de tecnologías en el aula. Por ej. Con el cañón uno puede proyectar películas, cuentos. También se podría aplicar juegos entre dos o más niños, a través de las Netbooks. Para adquirir información sobre diversos contenidos, palabras desconocidas.



- 3) Sí, dispongo de un celular inteligente, pero lo uso exclusivamente para mensajes o llamadas. Me encuentro en una posición muy baja (3), pues sé de todo lo que se puede hacer con uno de ellos por su avance.
- 4) Tengo poca noción sobre el manejo de computadoras. Sé prenderla, cerrar las pestañas, buscar por internet temas que necesito para dar en clases. Sé usar un documento Word. Aunque tuve cursos para el manejo de las mismas, no fue suficiente pues lo que necesito es mucha práctica, que es lo que faltó.
- 5) Me considero inferior a mis alumnos, con respecto al manejo de esta nueva tecnología, pero no es cuestión del no hacer uso de los mismos. Me empeño en conocer, manipular los aparatos para presentar a mis alumnos contenidos y que les llame la atención.
- 6) Una red de computadoras es cuando un número de éstas están conectadas a una computadora central y el docente dirige y controla el trabajo del alumnado.
- 7) El material más didáctico al dar una clase son los videos, o imágenes que explican el tema a dar y el docente culmina con una explicación.
- 8) Creo que nuestro establecimiento, por hoy cuenta con insumos, aunque mínimos, para implementar la tecnología en las clases.
- 9) Considero que la enseñanza se beneficiaría con el despliegue de red de dispositivos móviles, como ser celulares que son los elementos que todo niño dispone o cuenta en un hogar: porque podrían adquirir a través de éstos. Contenidos de los temas a tratar ya que un texto está limitado. Por el momento usaría la red como una herramienta de apoyo, porque como dije, la Institución cuenta sólo con un mínimo número de Netbooks (30) y la misma es para uso de todos los grados o sea, que nos turnamos para el uso del carro (recipiente para Netbooks).

### *Docente*

- 1) En este establecimiento soy docente especial de plástica.
- 2) La implementación de tecnología en el aula fue siempre un anhelo, lo estoy concretando ahora en este establecimiento desde el año 2012 con la incorporación del carro virtual de primaria digital, para mí siempre fue necesaria para poder trabajar con todos los niños desde mi área con tecnología más avanzada y por lo tanto más interesante para el alumno. Ésta tecnología es imprescindible para mantener al alumno motivado y trabajando en algo novedoso.
- 3) Poseo un teléfono inteligente y aprovecho al máximo sus aplicaciones, llamadas mensajes, internet, cámara fotográfica. Si tengo que ubicarme en una escala lo pongo en el 9 (en el 10 está mi computadora portátil) porque es importante para mi comunicación diaria pero la computadora almacena todo lo que necesito para trabajar.
- 4) Sé bastante de informática, trabajo mucho con Word, multimedia y trato de hacer una bajada para enseñarles a los niños todo lo que es.
- 5) No soy superior a nadie, todos aprendemos de todos, pero frente a los alumnos me muestro seguro porque es el docente el que debe guiar a los alumnos en el buen y adecuado uso de la tecnología, ellos saben, pero nosotros debemos demostrarles que sabemos más.

6)	Trabajo en red con las computadoras del carro virtual, con la pc del docente armé mis aulas virtuales donde figuran todos los alumnos y cuando estamos en clase a través de ella voy guiándolos para que trabajen individualmente en sus PC, siempre unidos al servidor donde cargamos los trabajos que son compartidos entre ambos turnos con debates en foros.
7)	NS/NC
8)	NS/NC
9)	NS/NC

**Docente**

1)	Todas
2)	Si es necesaria la incorporación de la tecnología en el aula, para fortalecer las prácticas de enseñanzas y aprendizaje del nivel. Esto servirá al alumno promover el desarrollo de habilidades, como el manejo de la información, el pensamiento crítico, resolución de problemas, también como mediadora de comunicación entre docentes y alumnos, sujeto a los objetivos que se propone el docente.
3)	Negativo, por razones económicas
4)	Sí. Word, Excel y manejo de material
5)	Ni superior ni inferior, realizo en lo posible cursos y/o capacitaciones
6)	Si tengo idea, el fin es que el alumno pueda expandir el horizonte de sus saberes utilizando las herramientas que le brinda su entorno y así lograr una inclusión significativa de la tecnología en las prácticas educativas.
7)	NS/NC
8)	NS/NC
9)	NS/NC

**Docente**

1)	Todas las materias
2)	Sí, porque es una era en la que la tecnología nos permite conectarnos en segundos y obtener todo tipo de información, este sería un valioso aporte al implementarlo en el aula; ya que permitiría que las clases no sean tan rutinarias
3)	El uso que le doy: llamadas, mensajes y en ratos de ocio acceso a internet, en cuanto al uso del teléfono un 8 porque lo uso por llamadas o mensajes que son necesarios para mantenerme comunicada con mis contactos
4)	NS/NC

5)	NS/NC
6)	NS/NC
7)	Los videos, imágenes y textos sonoros ya que son una herramienta provechosa por la información que puedan aportar sobre un tema a tratar en clase y por el interés que se despierta en los niños ya que pueden asimilar con más facilidad un contenido.
8)	NS/NC
9)	NS/NC

*Docente*

1)	Actualmente, dicto las áreas: matemática, lengua, ciencias sociales, ciencias naturales y formación ética.
2)	Considero que es importante la implantación de la tecnología en el aula, porque el uso de la misma es demandada por la sociedad y el alumno en si viene con un cumulo de conocimiento que requiere que sea "pulido" desde la institución.
3)	Tengo un teléfono inteligente. Lo utilizo bastante, más allá de las llamadas y mensajería; utilizo el buscador, para salir de alguna duda que surja. Entre un 7/8 simplemente por el hecho de estar informada al instante y conectada al "mundo".
4)	Algo de noción tengo del uso de Word, Excel, PowerPoint, manejo de multimedia; en cuanto a la parte física, lo básico. Me resultaría buena tener una capacitación, nunca está de más.
5)	Ni una ni otra, seguramente tengo conocimiento de un "poquito" más que ellos. La sugerencia de los alumnos, enriquecería mucho más la práctica, puesto que partiría seguramente de una inquietud del alumno.
6)	Entiendo que es una conexión de varias computadoras entre sí, pero no sé más que eso.
7)	Creo que el material que uno utilice, tiene que estar acorde en el ciclo que uno se desempeñe; en mi caso el primer ciclo, considero que los videos siempre les llaman un poco más la atención (como no saben escribir en algunos casos de manera independiente, se recurre a la oralidad, manera más rápida de comunicar lo entendido)
8)	El establecimiento no cuenta con los requisitos para poder desempeñar una clase adecuada con los alumnos.
9)	Considero que resultaría beneficioso el uso de la red, ya que al estar conectadas, se podrá consultar los trabajos de los alumnos entre sí, hacer correcciones que irán aumentando el conocimiento. La utilización seria en medida que sea conveniente al tema en desarrollo.

*Docente*

1)	Dicto todas las asignaturas.
2)	Considero necesaria la implementación de la tecnología en el aula para tener informados a los niños ya que éstos vienen de familias muy humildes y se les hace imposible su salida al mundo; es una forma para que ellos conozcan más lo que les rodea.
3)	Sí, dispongo de un celular inteligente, es muy importante el uso del mismo en zonas rurales, hasta para llevar información y presentar a los niños. (7 siete).
4)	Si tengo noción de computación. El manejo del documento Word e Internet para hacer bajada de material. Me gustaría especializarme más para aprovechar al máximo toda lo que brindan estos medios y entregarle en creces conocimientos a mis alumnos.
5)	Me considero superior al alumnado ya que éstos carecen de la nueva tecnología como ser netbooks, celulares y hasta de T.V. pues hay zonas del interior de Sgo. Que todavía no cuentan con los servicios esenciales como agua potable, luz y hasta carece de señal para algunas compañías celulares. Me gustaría proyectar a traves de videos, temas de interés que es la forma más eficaz de aprender, conocer y especialmente para los niños de 1er ciclo que es la etapa crucial e importante de un niño.
6)	Si tengo idea de que es una red de computadoras. Hay una computadora central que ofrece, controla información, ejercicios para los alumnos, los cuales trabajan con las netbooks y el docente luego en el instante podrá controlar los trabajos.
7)	Los videos, es el material más didáctico para dar una clase, porque como dije ya, los niños aprenden más rápido a través de la vista.
8)	La escuela no cuenta con los requisitos, como ser infraestructura, insumos para implementar la tecnología en clase. Lo primordial seria que se cuente con un aula específica para la implementación de las mismas.
9)	La enseñanza se beneficiaría con el despliegue de una red de teléfonos celulares, creería porque es lo más accesible y aprenderían del manejo del mismo a través del uso de cámara, internet para hacer bajadas de información. O sea, usaría la red como herramienta de apoyo para la enseñanza

*Docente*

1)	Lengua y Cs. Sociales
2)	Sí, es muy importante, puesto que le permite al docente desarrollar destrezas tecnológicas. En los TIC se está implementando en casi toda la educación pública.
3)	No, por factores económicos.
4)	Sí, muy poco. Seria buena la capacitación en servicio que es fundamental en relación al buen uso de esta herramienta tecnológica, para que así su función de proceso de enseñanza esté a la par de esta innovación
5)	No se puede apreciar el grado de superioridad o inferioridad en el docente ya que no cuenta con herramientas tecnológicas en la institución
6)	No
7)	Según el grado que se esté enseñando, pienso que en primer, segundo y tercer grado lo más didáctico es un video y en los demás grados se podría implementar un texto

- |    |  |
|----|--|
| 8) | No cuento con esos requisitos, los factores primordiales a cubrir serían los espacios físicos y estaría bueno contar con laboratorio de computación. |
| 9) | Si, un 50 %. Me gustaría   |

***Docente***

- |    |  |
|----|--|
| 1) | Sociales y Naturales   |
| 2) | Sí. En la actualidad es el mejor recurso de enseñanza, sobre todo en la primera etapa de la educación básica, ya que aporta mucho conocimiento, por ejemplo: la lecto-escritura en los TIC |
| 3) | No, por factores económicos  |
| 4) | Si, un 50 %. Me gustaría capacitarme y prepararme adecuadamente para que los conocimientos que se impartirán sean recibidos de una manera eficaz   |
| 5) | Ni superior ni inferior. Ya que la escuela no cuenta con laboratorio de computación.   |
| 6) | No   |
| 7) | Si estamos hablando de un primer ciclo pienso en el video, imágenes, etc. Porque son chiquitos y están relacionados con los dibujitos.   |
| 8) | No cuenta con esos requisitos. Los factores primordiales a cubrir serían espacios físicos y que la escuela obtenga personal capacitado para esa tarea.                                     |
| 9) | NS/NC  |

ANEXO 2: ARCHIVO LOG GENERADO POR POWERTUTOR

Tabla II.1 – Sección del archivo .log generado por PowerTutor

<p>phone-service in-service  phone-network edge  signal 13  phone-call idle  data connected  battery-change 0 87/100 4020334  batt_current 4.5999999999999996E-4  batt_temp 33.4  setting_brightness automatic  setting_screen_timeout 30000  time 1454432327701  localtime_offset -1080000  model dream  associate 10064  edu.umich.PowerTutor@15  begin 0  total-power 893  meminfo 1905420 92072 6636 329788  LCD 893  LCD-brightness 252  LCD-screen-on true  LCD-10064 893  Wifi 0  Wifi-on false  GPS 0  GPS-state-times 1.0 0.0 0.0  GPS-sattelites 0  Audio 0  Audio-on false  associate 10008  android.uid.sec.activitywidget:10008@23  associate 10011  eu.chainfire.supersu@246  associate 10014  com.google.uid.shared:10014@8489238  associate 10016  com.google.android.partnersetup@21</p>	<p>associate 10020  android.uid.systemui:10020@21  associate 10021  android.uid.shared:10021 @19  associate 10023  com.android.noisefield@1  associate 10024  com.wsomacp@300405414  associate 10026  com.sec.android.pagebuddynotisvc@1  associate 10028  com.android.vending@80430500  associate 10037 com.sec.spp.push@154  associate 10042  android.media:10042@21  associate 10043  com.sec.android.gallery3d@21  associate 10045 com.android.mms@1  associate 10056  com.samsung.android.app.episodes@408  associate 10057  com.samsung.android.app.storyalbumwid  get@1  associate 10061  com.google.android.googlequicksearchbo  x@300571356  associate 10068  com.sec.android.widgetapp.ap.hero.accu  weather@1  associate 10070 de.android.telnet@107  associate 10073 com.whatsapp@450816  associate 10074  com.synetics.stay.alive@52</p>	<p>associate 10075  com.sec.android.provider.badge@1  associate 10084  com.android.chrome@252608301  ...  begin 6  total-power 1587  LCD 893  LCD-brightness 252  LCD-screen-on true  LCD-10173 893  CPU 124  CPU-sys 20  CPU-usr 9  CPU-freq 1200.0  CPU-0 76  CPU-1000 230  CPU-1001 4  CPU-1002 0  CPU-1010 0  CPU-1012 0  CPU-1013 33  CPU-1017 0  CPU-1019 0  CPU-1021 0  CPU-1027 0  CPU-1036 0  CPU-1101 0  CPU-1999 0  CPU-9300 0  CPU-10008 59  CPU-10011 0  CPU-10014 50  CPU-10016 0  CPU-10020 12  CPU-10021 135  CPU-10023 4  CPU-10024 0  CPU-10026 0  CPU-10028 0  CPU-10037 0  Wifi 0  Wifi-on false  3G 570  3G-on true  3G-uplinkBytes 64  3G-downlinkBytes 379  3G-packets 3  3G-state DCH  3G-oper Personal  3G-10028 570  3G-10073 570  GPS 0  GPS-state-times 1.0 0.0 0.0  GPS-sattelites 0  Audio 0  Audio-on false  <b>associate 10146</b>  <b>com.sec.android.app.sbrowser@214272</b>  <b>29</b>  begin 7</p>
---	---	--

La tabla II.1 representa una sección del archivo .log, exportado desde la aplicación PowerTutor, correspondiente a un día de medición. En las primeras líneas se observa la tecnología celular disponible *phone network*, la carga inicial de batería *87/100*, el modo de brillo en el teléfono *setting brightness*, etc. En el archivo se analiza el consumo energético del teléfono a través del tiempo. Cada *begin* en el archivo representa un segundo de medición. En el *begin 6*, resaltado en negrita, se observa el nombre del proceso asociado a la aplicación m-learning. El proceso *browser* es el proceso de interés, ya que la aplicación m-learning *Apprendiendo* es una aplicación web, por ende, el estudio del consumo de energía de la aplicación se la realiza a través del estudio del proceso correspondiente al navegador web ya sea nativo, Chrome o el que se haya usado para acceder a la aplicación.

En el CD anexo a este trabajo se presenta la totalidad de los archivos .log de las mediciones realizadas.

ANEXO 3: CÓDIGO FUENTE DE LA APLICACIÓN *APPRENDIENDO*

```

<?php
session_start();
date_default_timezone_set('America/Argentina/Buenos_Aires');
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
<script type="text/javascript">
    var timerStart = Date.now();

    function hora(){
        var d = new Date();
        document.getElementById('fecha').value = d.getDate() + "/" + (d.getMonth() +1) + "/" +
d.getFullYear() + " " +d.getHours()+ ":" +d.getMinutes()+ ":" +d.getSeconds();
    }
</script>
<!--<title>MANET-Learn</title-->
<?php include("includes/header.html");?>
</head>
<body onload="hora();">
<script type="text/javascript">
    $(window).load(function() {
        console.log("Time until everything loaded: ", Date.now()-timerStart);
        var x = Date.now()-timerStart;
        document.getElementById('tiempo').value=x;
    });
</script>
<div class="container">
<div class="jumbotron" style="background-color: #EEE8AA">
<h1><a href='index.php'><img src='iconos/logo2.png' style='width:100%'></a></h1>
<p>Bienvenidos a nuestra aplicación!!</p>
</div>
<div class="row">
<div class="col-sm-12">
<?php
if(isset($_SESSION['rol']) && $_SESSION['rol'] == 'profesor') {
echo "<a href='definir-cuestionario.php'>Definir Cuestionario</a><br /><br />";
echo "<a href='listar-cuestionarios.php'>Listar Cuestionarios</a><br /><br />";
echo "<a href='logout.php'>Despedirse</a>";
}else if(isset($_SESSION['rol']) && $_SESSION['rol'] == 'alumno'){
echo "<a href='jugar.php'>Jugar</a><br /><br />";
echo "<a href='logout.php'>Despedirse</a><br /><br />";
echo "<a href='tabla-posiciones.php'>Ver tabla de puntajes</a>";
}else{
    echo "<form method='post' action='iniciar-sesion.php'>";
    echo "<input type='hidden' name='tiempo' id='tiempo'>";
    $fecha = new DateTime(null, new DateTimeZone('America/Argentina/Buenos_Aires'));
    $fecha = date_format($fecha, 'Y/m/d H:m:s');
    echo "<input type='hidden' name='fecha' id='fecha'>";
    echo "<nav class='navbar navbar-default' role='navigation'>
<div class='navbar-header'>
<button type='button' class='navbar-toggle' data-toggle='collapse'
    data-target='.navbar-ex1-collapse'>
<span class='sr-only'>Desplegar navegación</span>
<span class='icon-bar'></span>

```



```
<span class='icon-bar'></span>
<span class='icon-bar'></span>
</button>
<a class='navbar-brand' href='#>Menu</a>
</div>
<div class='collapse navbar-collapse navbar-ex1-collapse'>
  <ul class='nav navbar-nav'>
    <li class='active'><input type='submit' id='iniciar' value='iniciar sesion'></li>
  </ul>
</div>
</div>
</nav>
  <p></p>
</div></form>
  ";
  }
  ?>
</div>
</div>
</body>
</html>
```

Figura III.1 – Código fuente correspondiente al archivo principal index.php

En la figura III.1 se observa el código fuente de la página principal de la aplicación m-learning *Apprendiendo*. Como puede observarse, en la figura, se hace uso de sesiones php, las mismas sirvieron para identificar los roles (maestro y alumno) y así presentar las páginas correspondientes a cada rol. Se observa también el uso de funciones javascript como por ejemplo hora() que calcula la fecha y hora actual. Esta función fue utilizada para almacenar el momento exacto en el que se accedía a cada página en formato d/m/a h:m:s. Se observa además a través de la función load, el cálculo del tiempo de carga de cada página. Esta se obtiene a través de la diferencia, en milisegundos, del tiempo actual y el tiempo que comienza la carga de la página.

En el CD adjunto a este trabajo se encuentra el proyecto completo de la aplicación y la base de datos.