

Análisis Comparativo de la implementación de Voz sobre IP en Wireless Mesh Networks y Wireless LAN tradicionales tomando en consideración parámetros de QoS y problemas de movilidad ocasionados por Handoffs



Juan Carlos Basurto Dávila

# Introducción

---

- ▶ **Motivación**

- ▶ Voz sobre WLAN
- ▶ Problemas de Movilidad > Soluciones

- ▶ **Objetivos**

- ▶ Investigación.
- ▶ Crear punto de partida.



# Contenido

---

- ▶ **Redes IEEE 802.11 / 802.11s**
  - ▶ **Arquitectura**
  - ▶ **Movilidad**
- ▶ **Voz sobre WLAN y QoS**
  - ▶ **Desafíos**
- ▶ **Soluciones Consideradas**
  - ▶ **SMesh**
  - ▶ **Meraki**
  - ▶ **Otras soluciones**
- ▶ **Hipótesis planteada**
- ▶ **Diseño del Testbed**
- ▶ **Resultados**
- ▶ **Conclusiones y Recomendaciones**



# Redes IEEE 802.11 / 802.11s

---

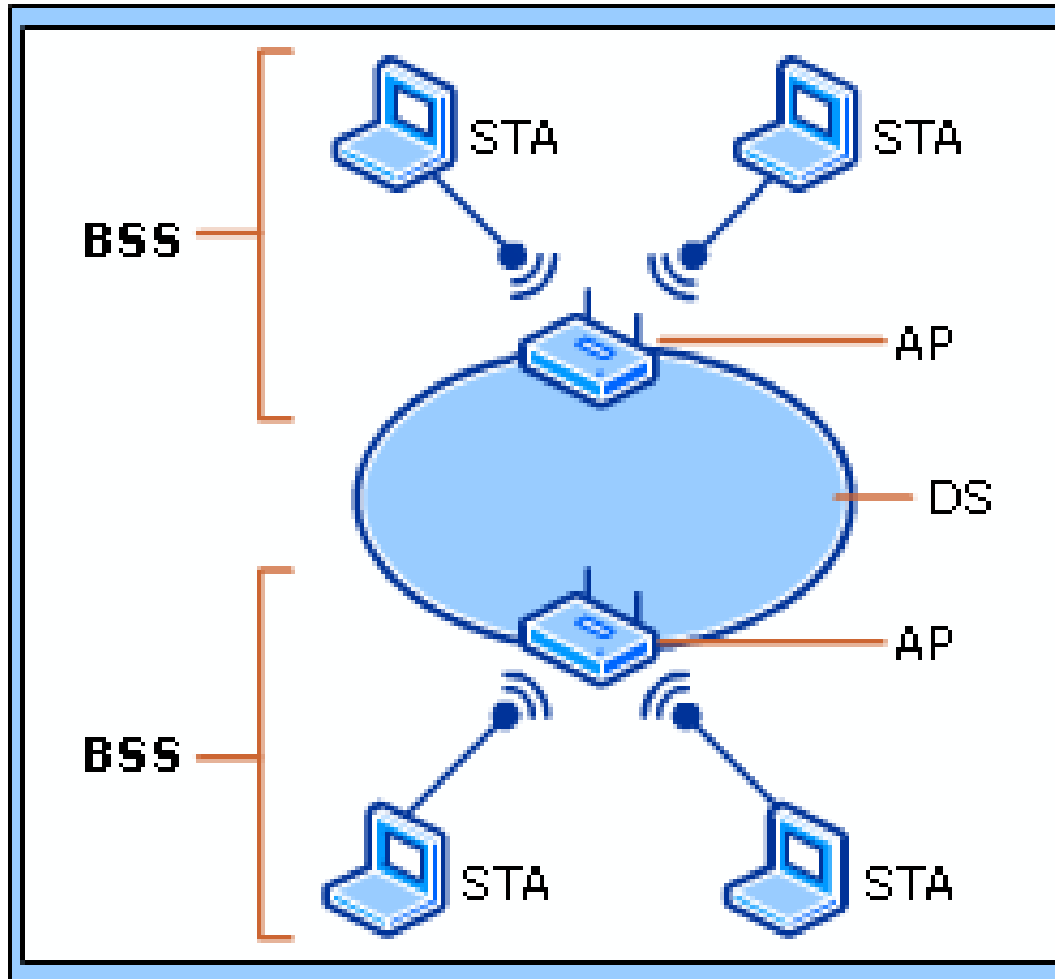
- ▶ IEEE 802.11: Conjunto de estándares que especifican las normas de funcionamiento en la comunicación de dispositivos inalámbricos.
- ▶ IEEE 802.11s: Define la interoperabilidad entre dispositivos Ad Hoc y Wireless Mesh.
- ▶ IEEE 802.11r: Recomendaciones para la transición rápida entre puntos de acceso.



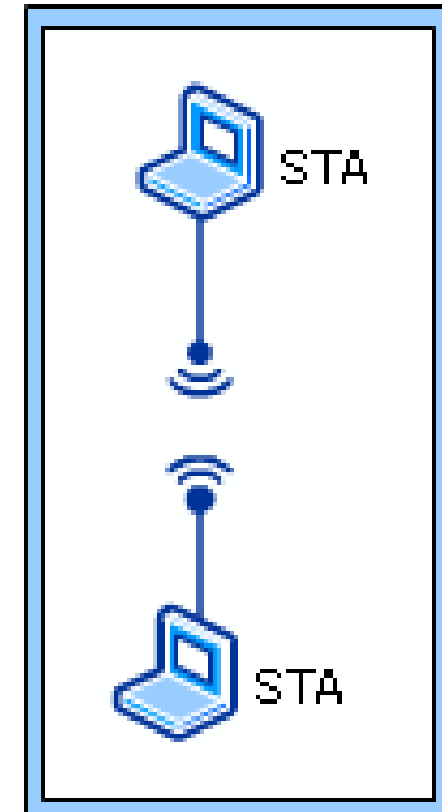
# WLAN 802.11 - Arquitectura

---

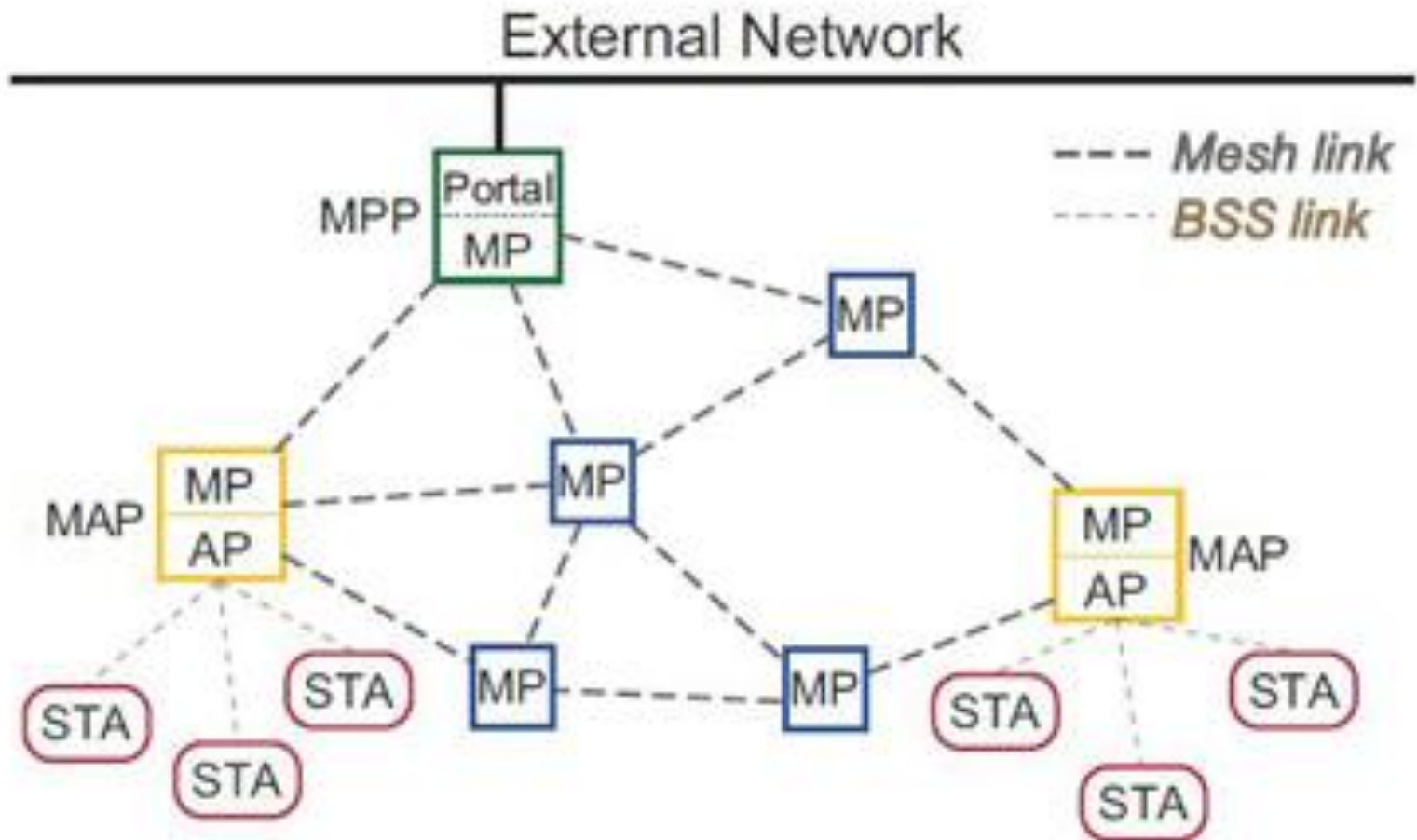
## ESS



## IBSS



# Wireless Mesh - Arquitectura



# Conectividad en Redes Inalámbricas

## ▶ Probing

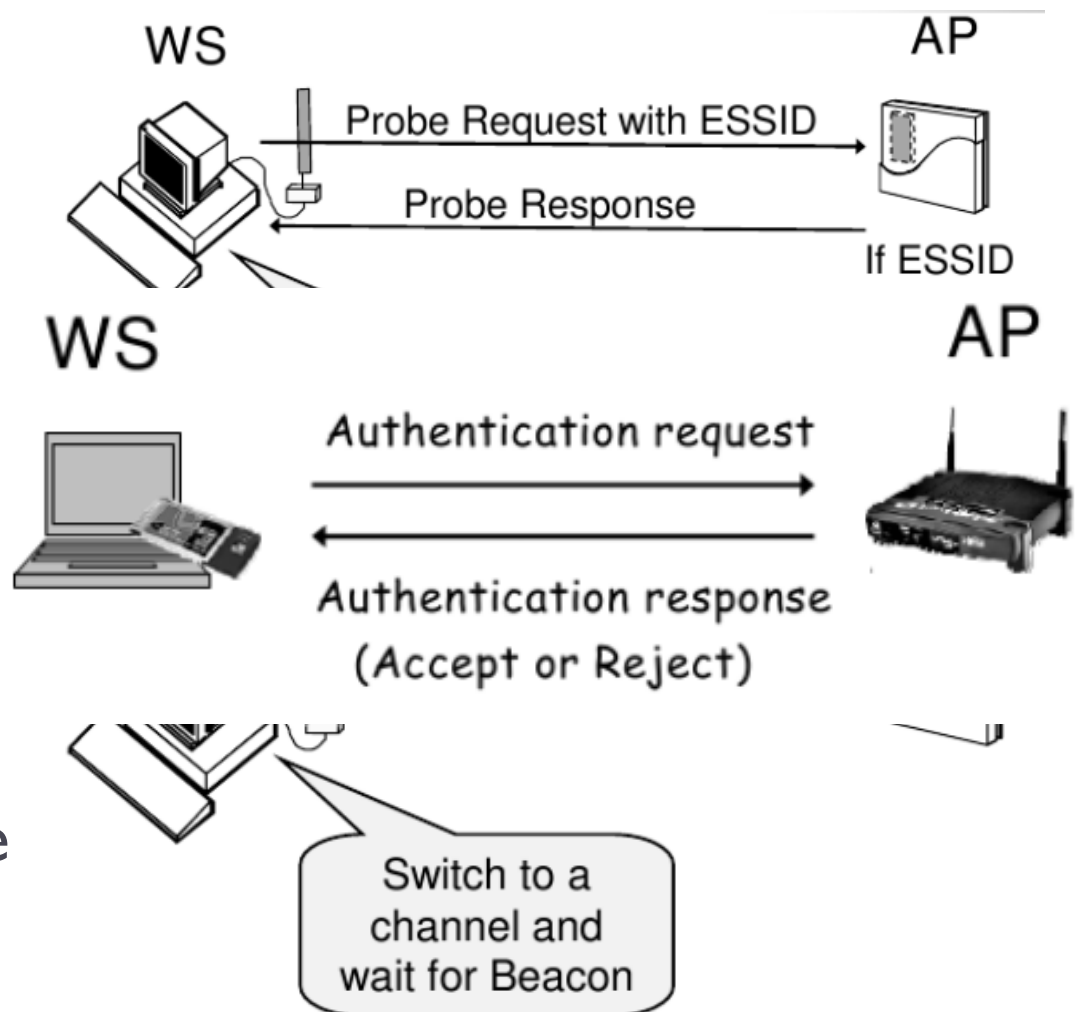
- ▶ Activo
- ▶ Pasivo

## ▶ Autenticación

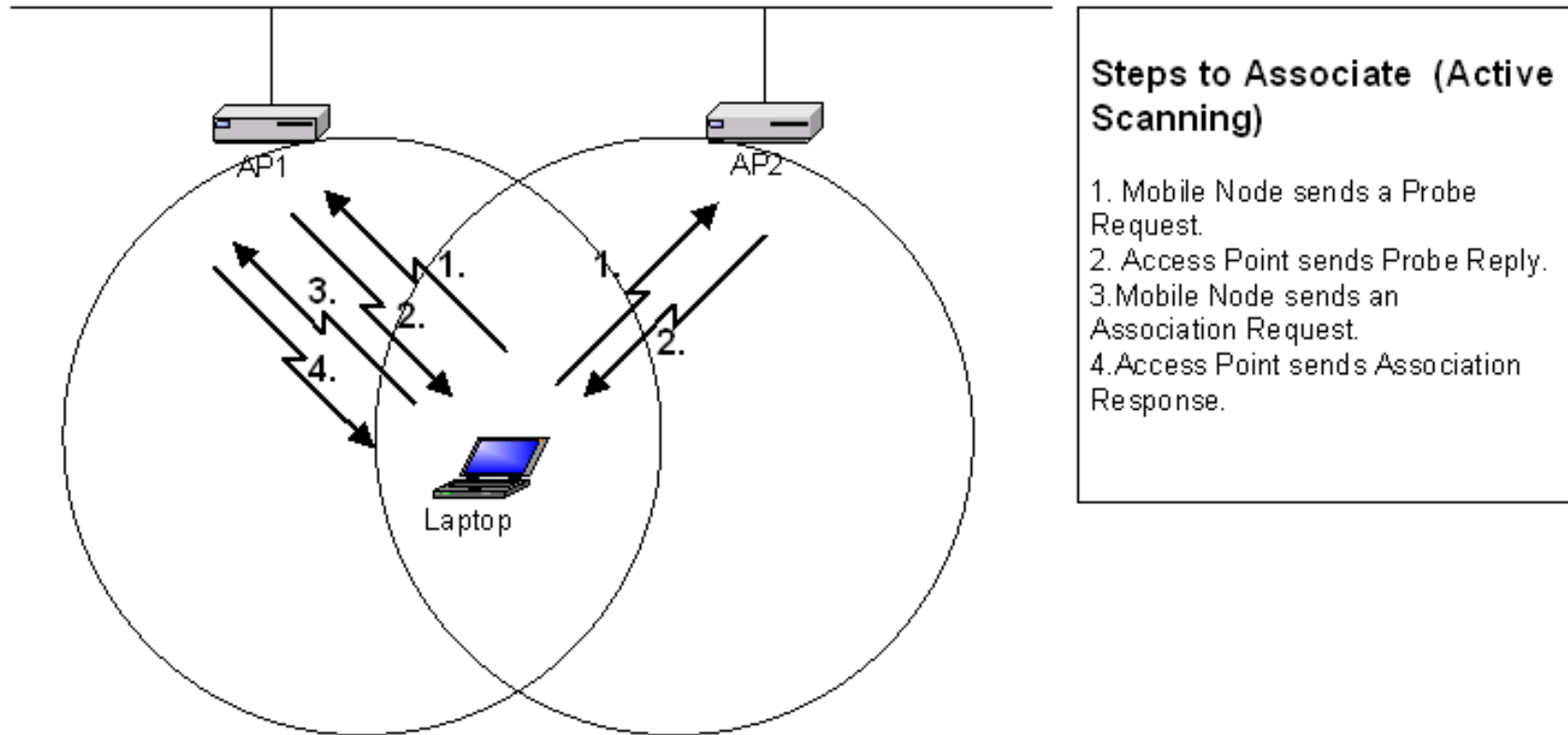
## ▶ Asociación

## ▶ 802.11i

- ▶ 802.1X
- ▶ PTK / 4-ways-handshake

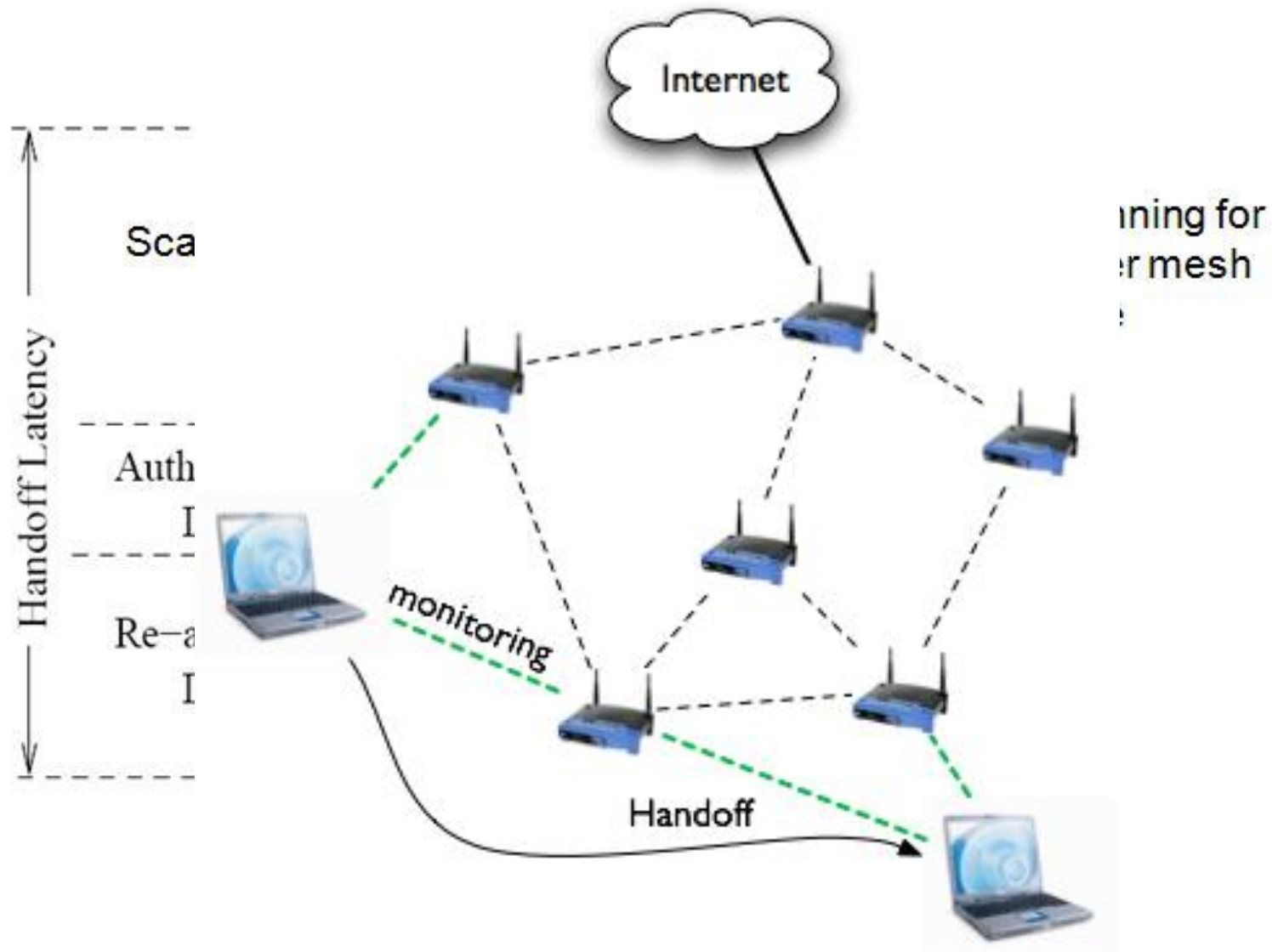


# Redes WLAN - Movilidad





# Wireless Mesh - Movilidad



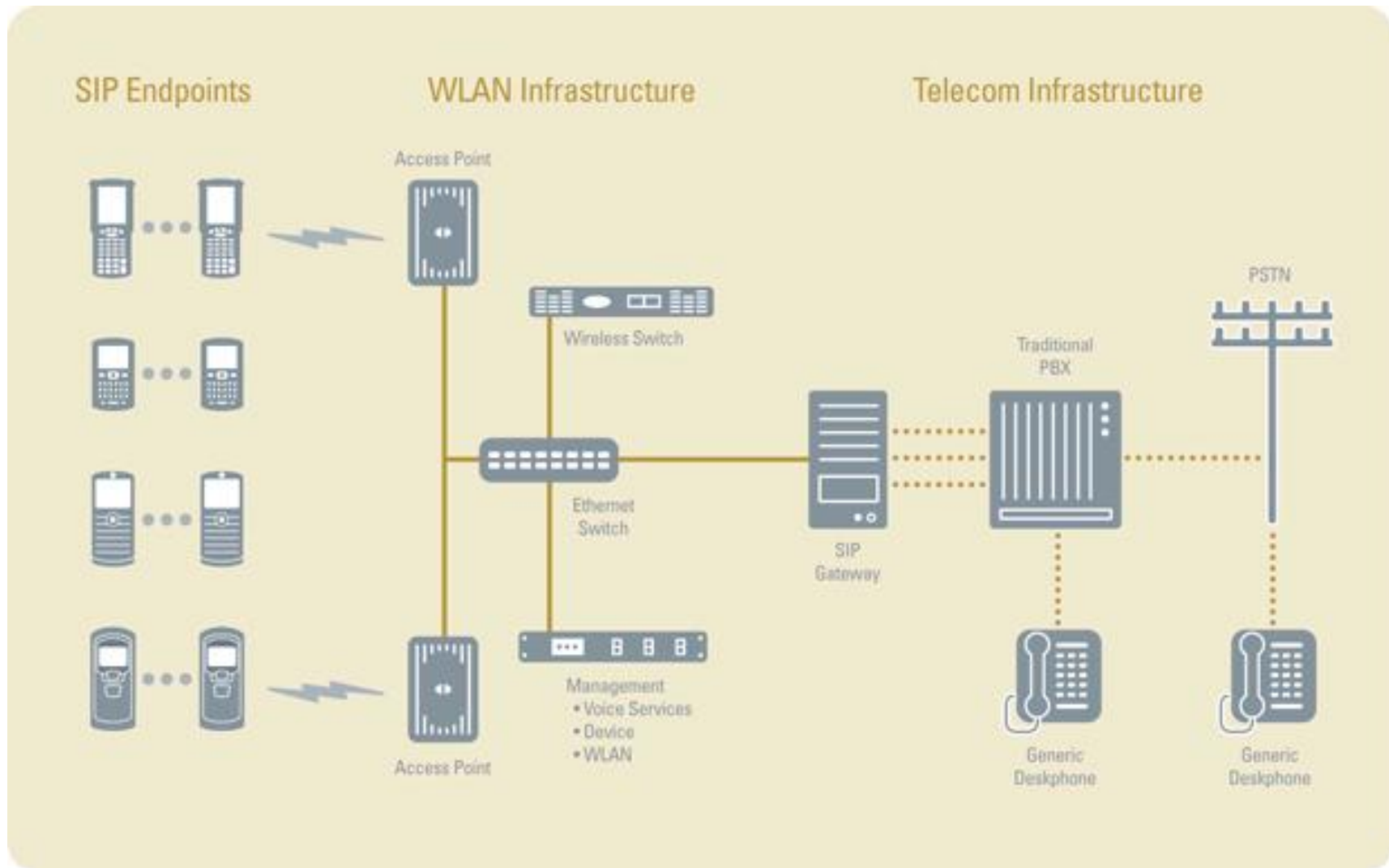
# Contenido

---

- ▶ Redes IEEE 802.11 / 802.11s
  - ▶ Arquitectura
  - ▶ Movilidad
- ▶ **Voz sobre WLAN y QoS**
  - ▶ **Desafíos**
- ▶ Soluciones Consideradas
  - ▶ SMesh
  - ▶ Meraki
  - ▶ Otras soluciones
- ▶ Hipótesis planteada
- ▶ Diseño del Testbed
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones y Recomendaciones



# Voz sobre WLAN



# QoS – Calidad de Servicio

---

- ▶ ¿Qué tan fluida es la comunicación?
  - ▶ ¿Cómo medir la fluidez?
  
- ▶ **Parámetros:**
  - ▶ **Objetivos**
    - ▶ Delay < 150 – 200 ms
    - ▶ Jitter < 100 ms (20 ms)
    - ▶ Bandwidth / Throughput @ 80/64 kbps (G.711)
    - ▶ Packet Loss < 1%
  - ▶ **Subjetivos**
    - ▶ MOS  $\geq$  4



# Desafíos VoWLAN + QoS

---

- ▶ Mantener una comunicación de voz fluida y sin interrupciones.
  - ▶ Valores óptimos de QoS
  - ▶ Mecanismos que favorezcan la movilidad
- ▶ Determinar y mantener un margen de operabilidad óptima (capacidad)
- ▶ Escalabilidad



# Contenido

---

- ▶ Redes IEEE 802.11 / 802.11s
  - ▶ Arquitectura
  - ▶ Movilidad
- ▶ Voz sobre WLAN y QoS
  - ▶ Desafíos
- ▶ **Soluciones Consideradas**
  - ▶ **SMesh**
  - ▶ **Meraki**
  - ▶ **Otras soluciones**
- ▶ Hipótesis planteada
- ▶ Diseño del Testbed
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones y Recomendaciones



# Roofnet / Meraki

---

- ▶ Nombre comercial: Meraki
- ▶ MIT experimental WMN
- ▶ Protocolo RNR (RoofNet Routing)
- ▶ Movilidad 802.11s (infraestructura)
  
- ▶ Ventajas:
  - ▶ Plug&Play
  - ▶ Configurable via Web Dashboard
- ▶ Desventajas:
  - ▶ Inoperable sin Internet



meraki.



# SMesh

---

- ▶ Sistema Wireless Mesh Johns Hopkins University
- ▶ Protocolo de Handoff Rápido
- ▶ Métrica de enrutamiento basada en costo.
- ▶ Movilidad y operación: Ad Hoc
  
- ▶ Ventajas:
  - ▶ 100% Configurable
  - ▶ Opera en OpenWRT (Linux)
- ▶ Desventajas:
  - ▶ Routers en los que opera son pocos



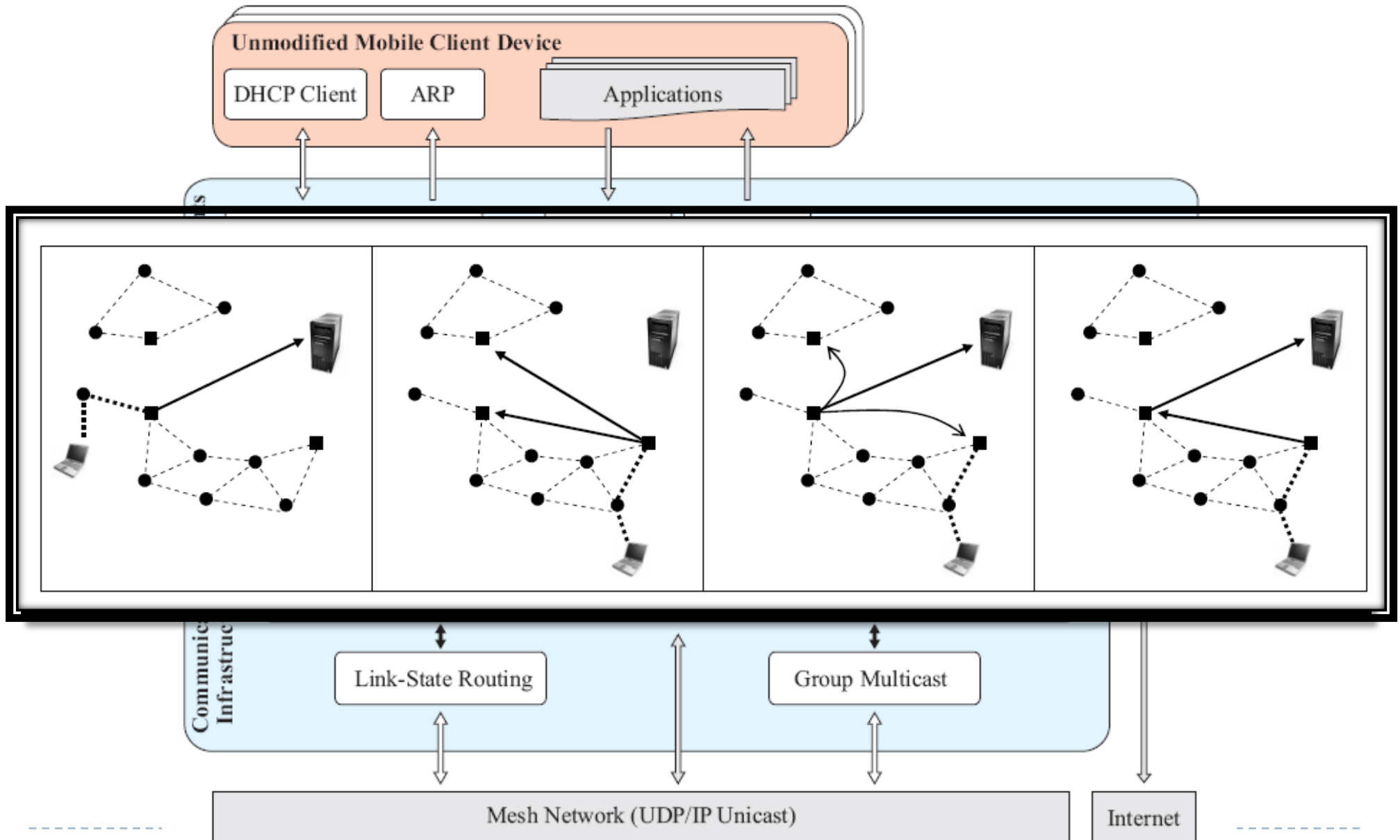
 SMesh

---



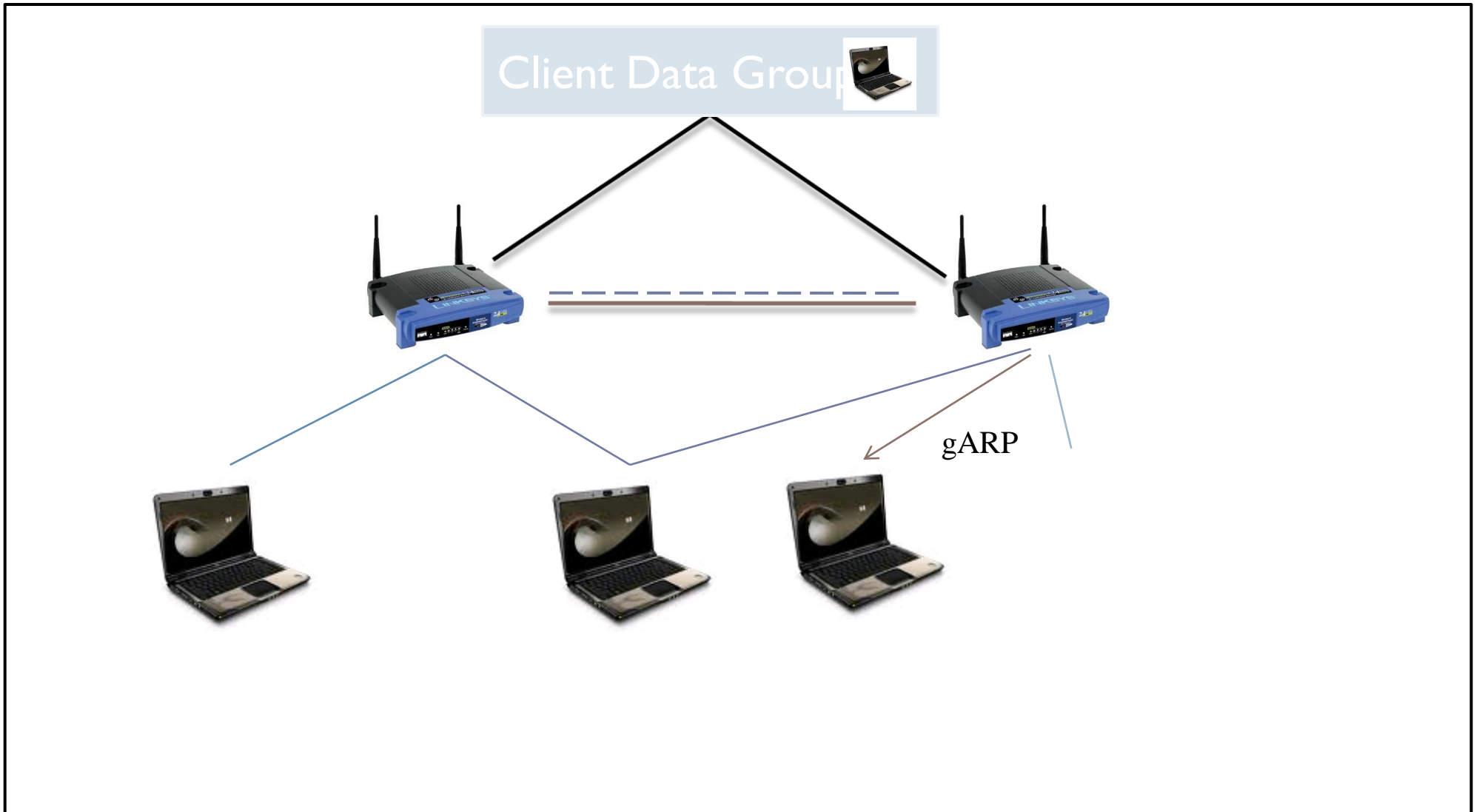


# SMesh - Arquitectura



# SMesh – Intra-Domain Handoff

---



# Otras soluciones

---

- ▶ LCMIM
- ▶ SyncScan
- ▶ AODV-PHR



# Contenido

---

- ▶ Redes IEEE 802.11 / 802.11s
  - ▶ Arquitectura
  - ▶ Movilidad
- ▶ Voz sobre WLAN y QoS
  - ▶ Desafíos
- ▶ Soluciones Consideradas
  - ▶ SMesh
  - ▶ Meraki
  - ▶ Otras soluciones
- ▶ **Hipótesis planteada**
- ▶ Diseño del Testbed
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones y Recomendaciones



# Hipótesis Planteada

---

- ▶ La calidad de Servicio en la voz sobre Redes Inalámbricas se ve mejorada con el uso de SMesh en comparación con el uso de redes Wireless Mesh LAN tradicionales dentro de las instalaciones de la FIEC.



# Contenido

---

- ▶ Redes IEEE 802.11 / 802.11s
  - ▶ Arquitectura
  - ▶ Movilidad
- ▶ Voz sobre WLAN y QoS
  - ▶ Desafíos
- ▶ Soluciones Consideradas
  - ▶ SMesh
  - ▶ Meraki
  - ▶ Otras soluciones
- ▶ Hipótesis planteada
- ▶ **Diseño del Testbed**
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones y Recomendaciones



# Diseño de Testbed

---

## ▶ Experimentos

- ▶ Delay
- ▶ Jitter
- ▶ Bandwidth / Throughput
- ▶ Packet Loss
- ▶ Subjetivo (MOS?)
- ▶ Tráfico

## ▶ Redes

- ▶ Meraki  
SMesh
- ▶ ESPOLE



# Diseño del Testbed - Hardware

---

## Fijo:

- ▶ **PBX**
  - ▶ PC – Asterisk
- ▶ **Teléfono IP**
  - ▶ 1 Grandstream
- ▶ **Clientes Móviles**
  - ▶ 2 Laptops (Softphone)

## Por solución:

- ▶ **SMesh**
  - ▶ 2 Routers Linksys WRT54G-TM
  - ▶ 1 Router Linksys WRT54GL
  - ▶ @ 11 Mbps
- ▶ **Meraki**
  - ▶ 3 Routers Meraki Outdoor
  - ▶ @ 54 Mbps
- ▶ **ESPOL**
  - ▶ 3 APs fijos Cisco
  - ▶ @ 54 Mbps





# Diseño de Testbed - Software

---

## Fijo:

- ▶ VoIP
  - ▶ X-Lite (softphone)
- ▶ Sniffer
  - ▶ Wireshark
- ▶ Análisis de paquetes
  - ▶ Programa en Java
  - ▶ Gráficos MATLAB
- ▶ Prueba de tráfico
  - ▶ SipP (generador de tráfico)

## Por solución:

- ▶ SMesh
  - ▶ Paquetes perdidos: Python-Java



# Costo per Nodo

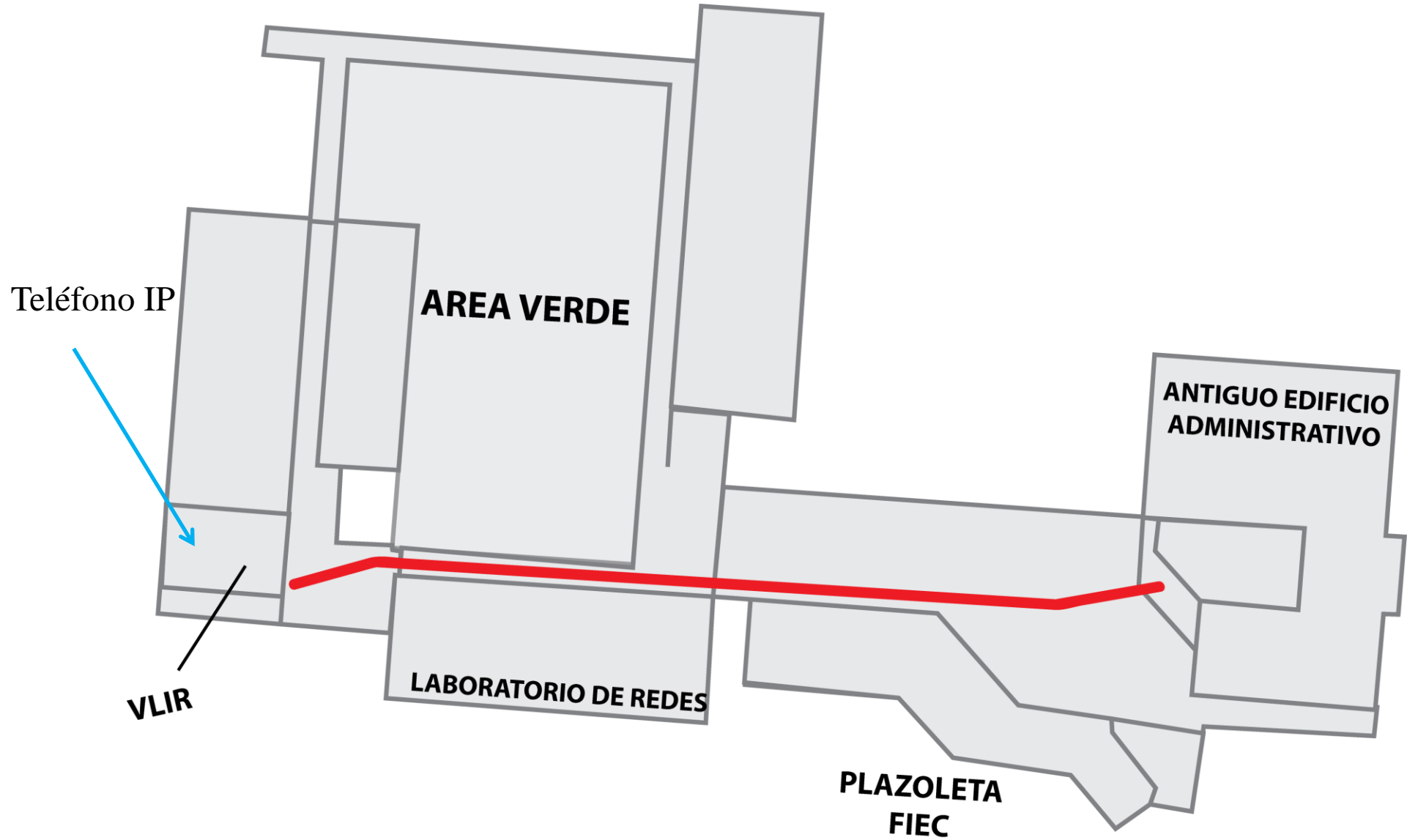
---

- ▶ **Meraki:**
  - ▶ Meraki Outdoor \$199
  - ▶ Meraki Indoor \$149
- ▶ **SMesh**
  - ▶ Linksys WRT54GL \$65 - \$80
- ▶ **ESPOL**
  - ▶ Cisco Aironet \$469



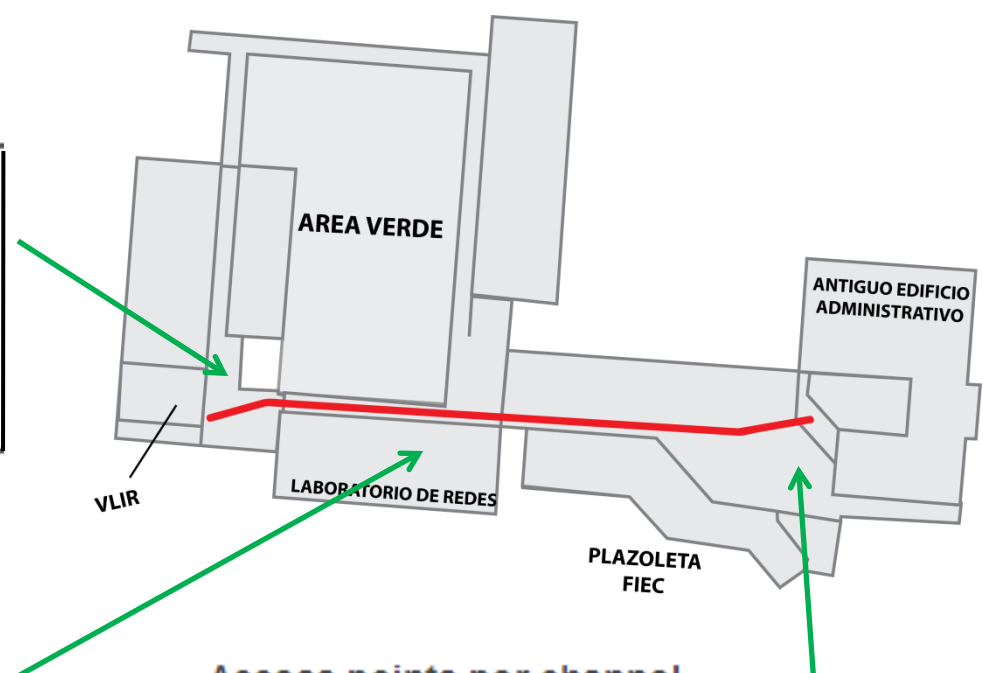
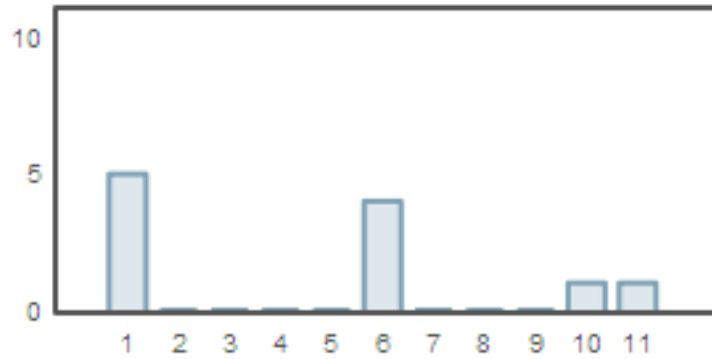
# Diseño de Testbed - Recorrido

---

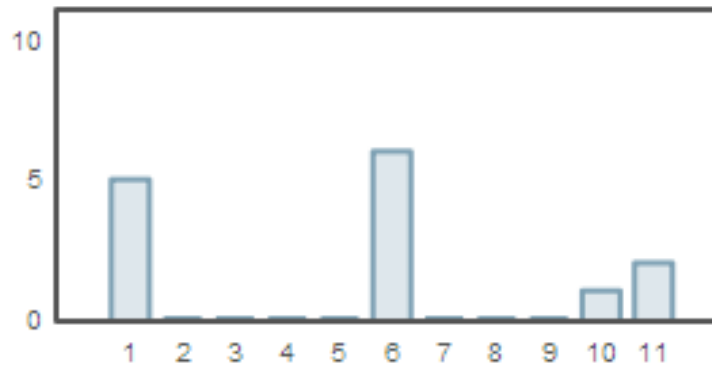


# Site Survey

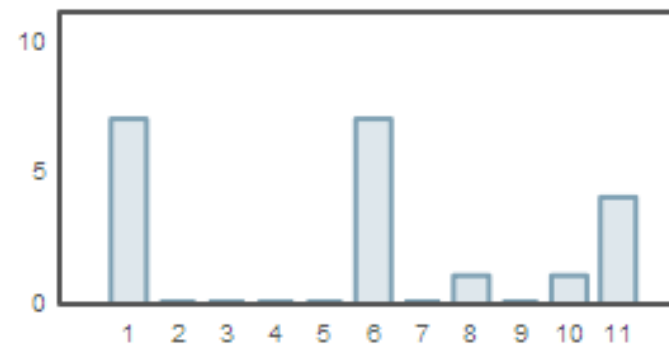
Access points per channel



Access points per channel

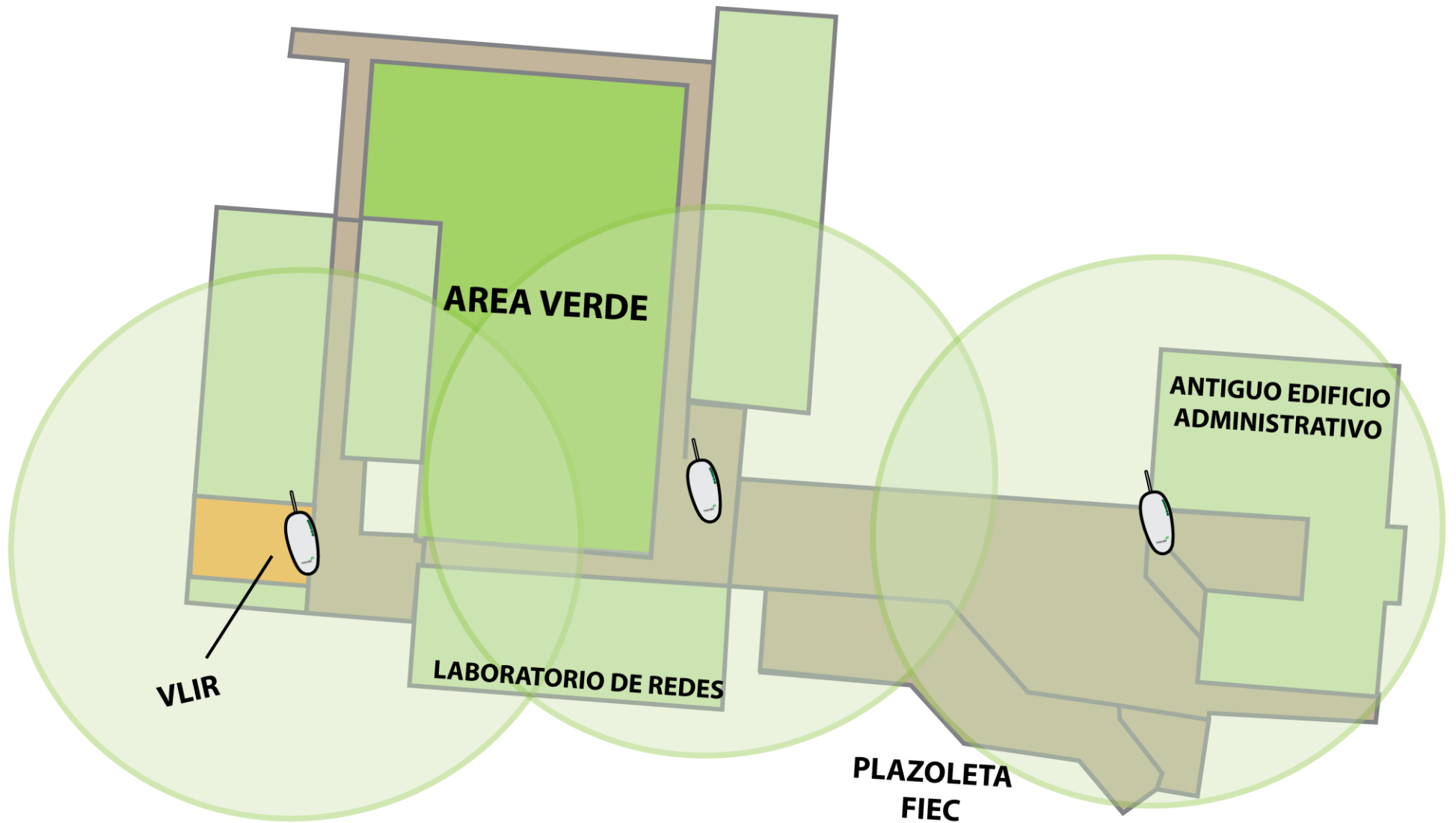


Access points per channel



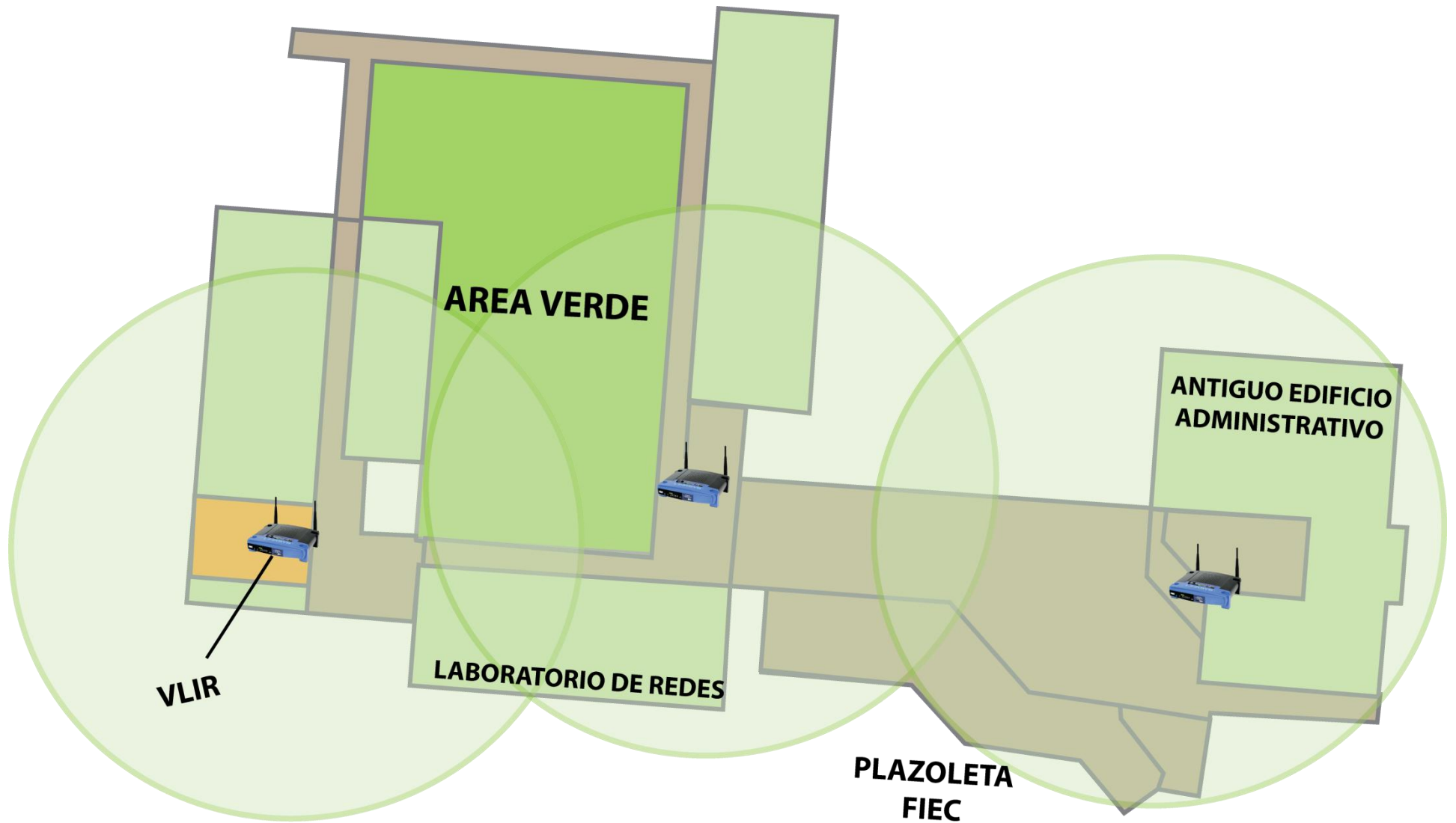
# Diseño de Testbed - Meraki

---

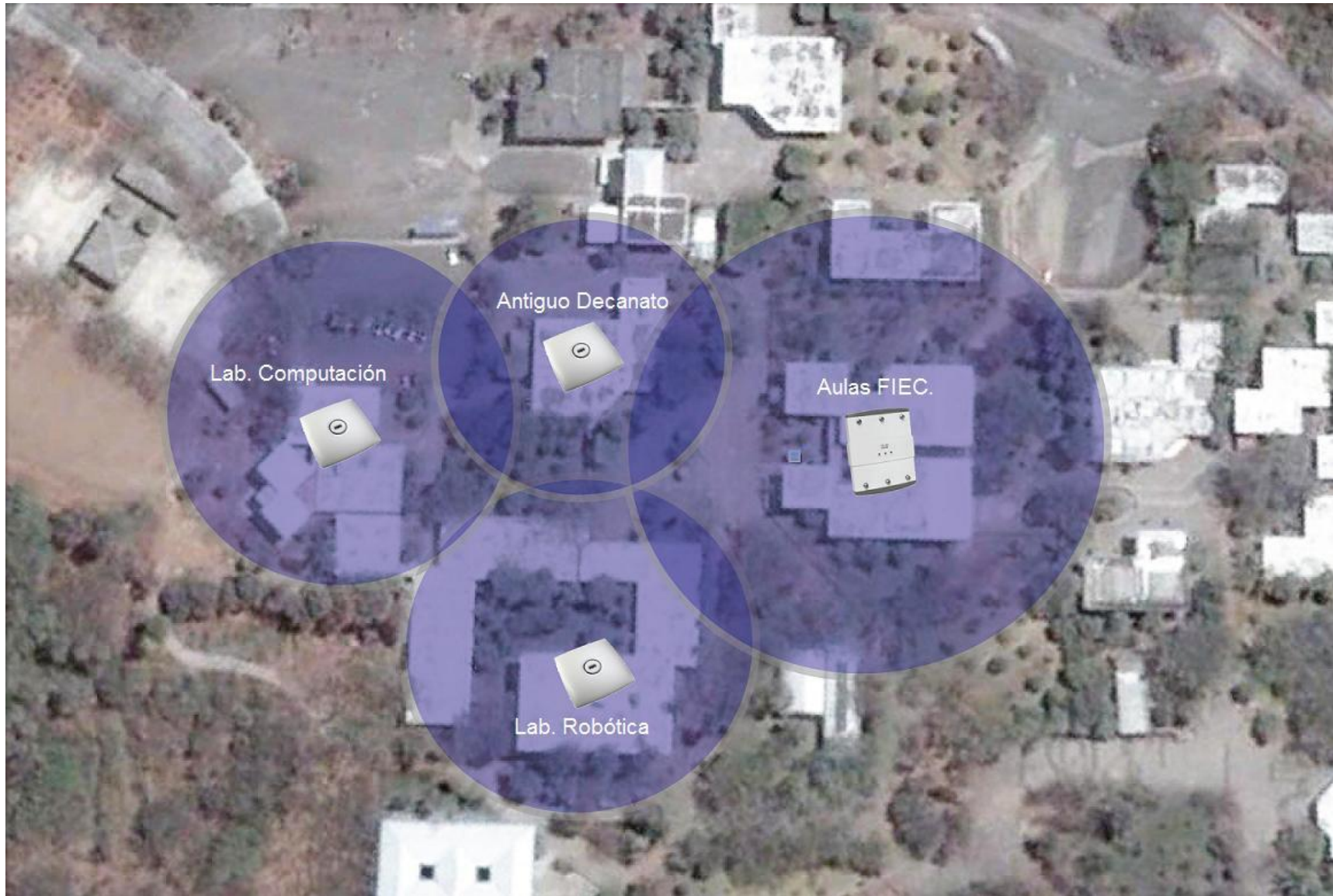


# Diseño de Testbed - SMesh

---



# Diseño de Testbed - ESPOL



# Software desarrollado

---

- ▶ **Analizador de paquetes**
  - ▶ Datos de Wireshark > CVS
  - ▶ Programado en Java
  
- ▶ **Pérdida de Paquetes**
  - ▶ Emisor: Python
  - ▶ Receptor: Java
    - ▶ 160 bytes, 20 ms >> 64kbps
    - ▶ 118 bytes “0+i”, 42 bytes overhead.

Preambulo 8 bytes	Header 18 bytes	802.11 Q Trailer 4 bytes	Data 118 bytes	Gap 12 bytes
----------------------	--------------------	-----------------------------	-------------------	-----------------





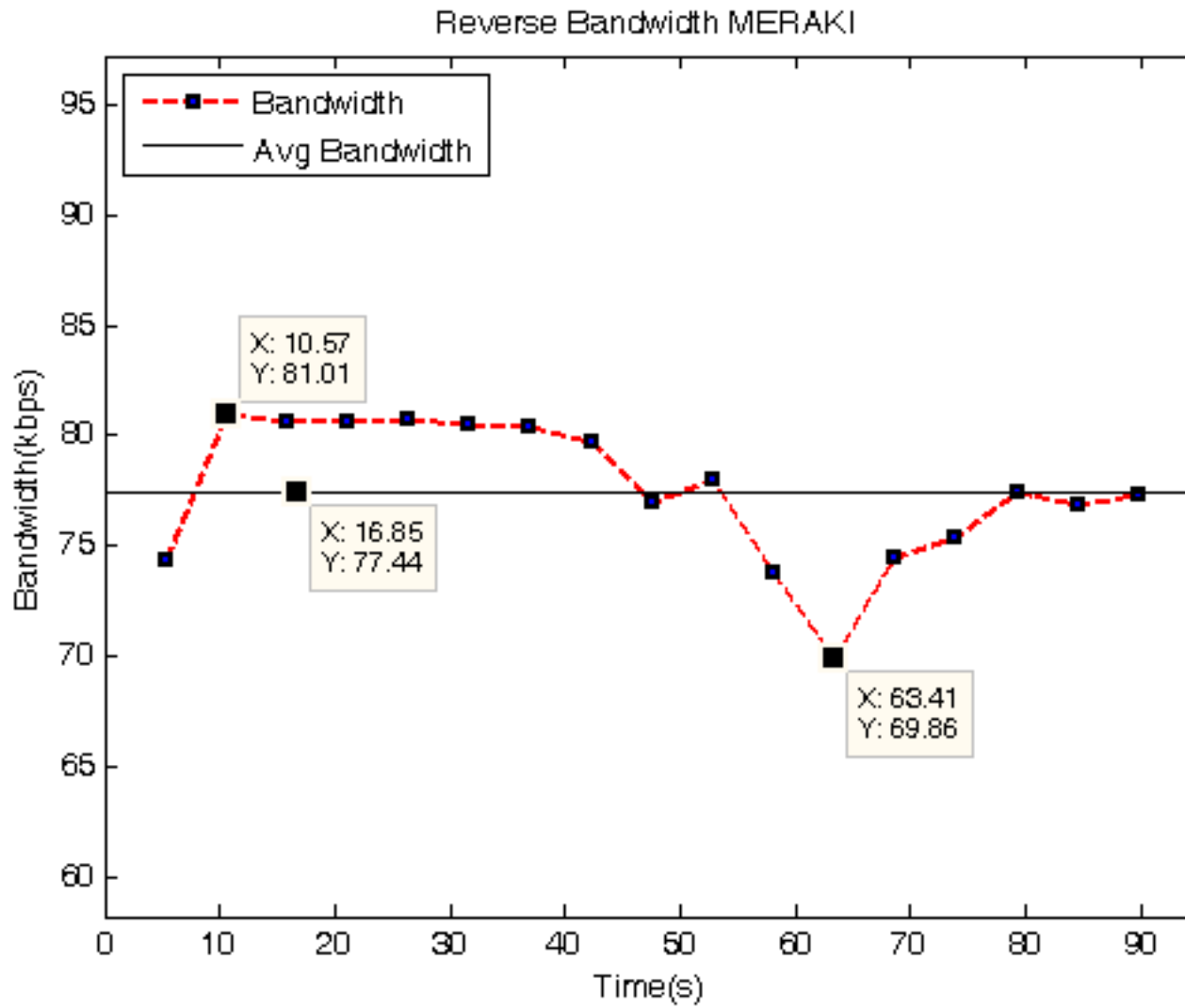
# Contenido

---

- ▶ Redes IEEE 802.11 / 802.11s
  - ▶ Arquitectura
  - ▶ Movilidad
- ▶ Voz sobre WLAN y QoS
  - ▶ Desafíos
- ▶ Soluciones Consideradas
  - ▶ SMesh
  - ▶ Meraki
  - ▶ Otras soluciones
- ▶ Hipótesis planteada
- ▶ Diseño del Testbed
- ▶ **Resultados**
- ▶ Conclusiones y Recomendaciones



# Resultados – Meraki



# Resultados - Meraki

---

Análisis de los paquetes recibidos cuyo Delay fue mayor a 100 ms

<b>Límite</b>	<b>Paquetes</b>	<b>Porcentaje</b>
> 100 ms	354	100.00%
> 150 ms	273	77.10%
> 400 ms	141	39.83%
> 800 ms	1	0.28%



# Resultados – Tráfico Meraki

---

Máximo  
Teórico

<b>Salto</b>	<b>Llamadas</b>
0	135.5
1	68.8
2	34.3

Salto: 0

<b>Llamadas</b>	<b>% Bloqueo</b>
85	8.60%
90	11.00%
550	21.30%

Salto: 1

<b>Llamadas</b>	<b>% Bloqueo</b>
85	9.40%
90	11.00%
168	18.50%

Salto: 2

<b>Llamadas</b>	<b>% Bloqueo</b>
50	9.10%
55	11.70%
168	18.50%

---



# Resultados – Tráfico Meraki

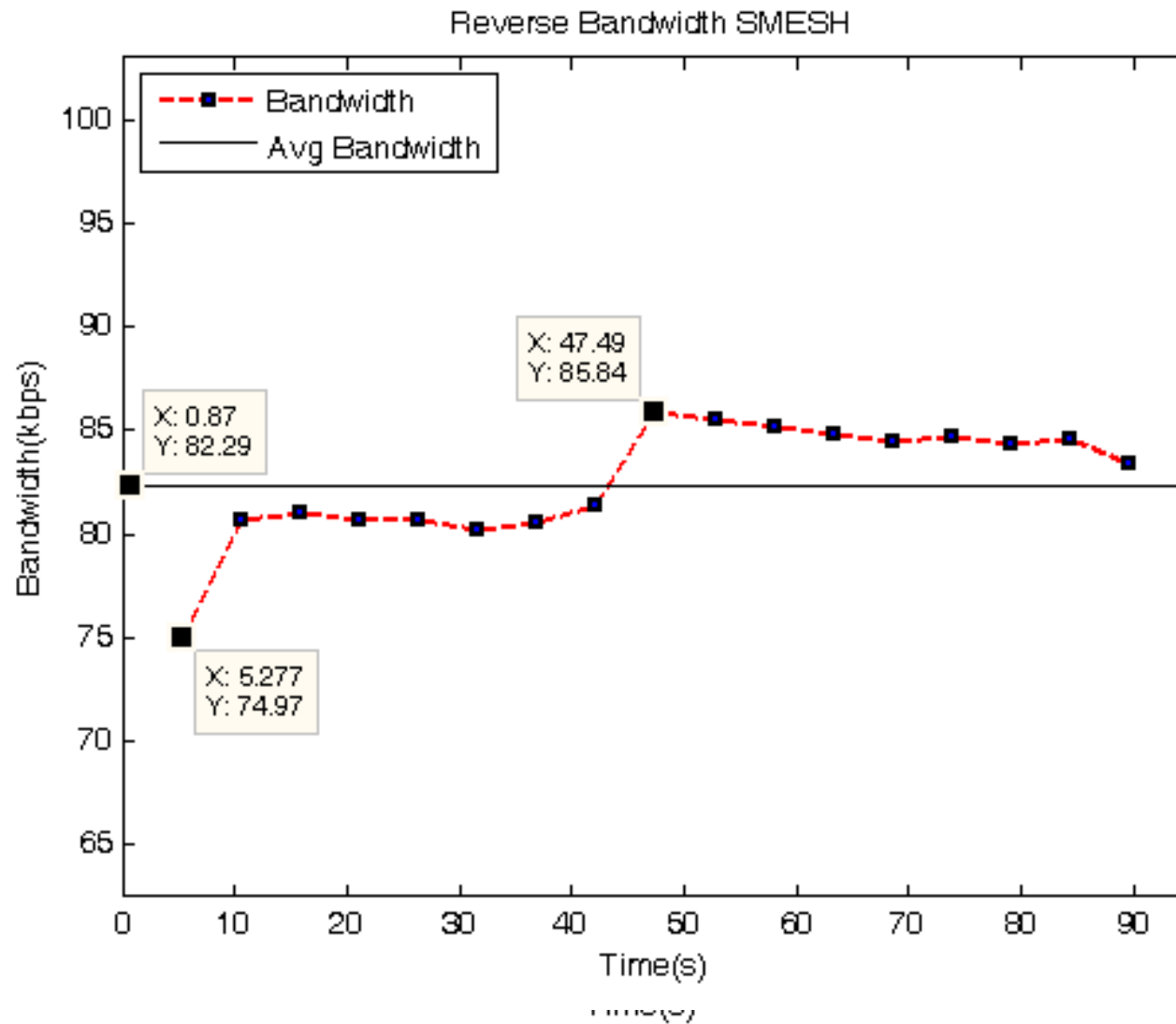
---

- ▶ Número de usuarios recomendado por salto:

<b>Salto</b>	<b>Llamadas</b>
0	85
1	85
2	50



# Resultados - SMesh



# Resultados - SMesh

---

Análisis de los paquetes recibidos cuyo Delay fue mayor a 100 ms

<b>Límite</b>	<b>Paquetes</b>	<b>Porcentaje</b>
> 100 ms	156	100.00%
> 150 ms	88	56.41%
> 400 ms	51	32.69%
> 800 ms	1	0.64%



# Resultados – Tráfico SMesh

---

Máximo  
Teórico

<b>Salto</b>	<b>Llamadas</b>
0	135.5
1	68.8
2	34.3

Salto: 0

<b>Llamadas</b>	<b>% Bloqueo</b>
105	7.50%
110	11.82%
145	40.69%

Salto: 1

<b>Llamadas</b>	<b>% Bloqueo</b>
55	5.47%
60	16.67%
68	29.41%

Salto: 2

<b>Llamadas</b>	<b>% Bloqueo</b>
34	8.82%
35	11.43%
50	46.00%

---





# Resultados – Tráfico SMesh

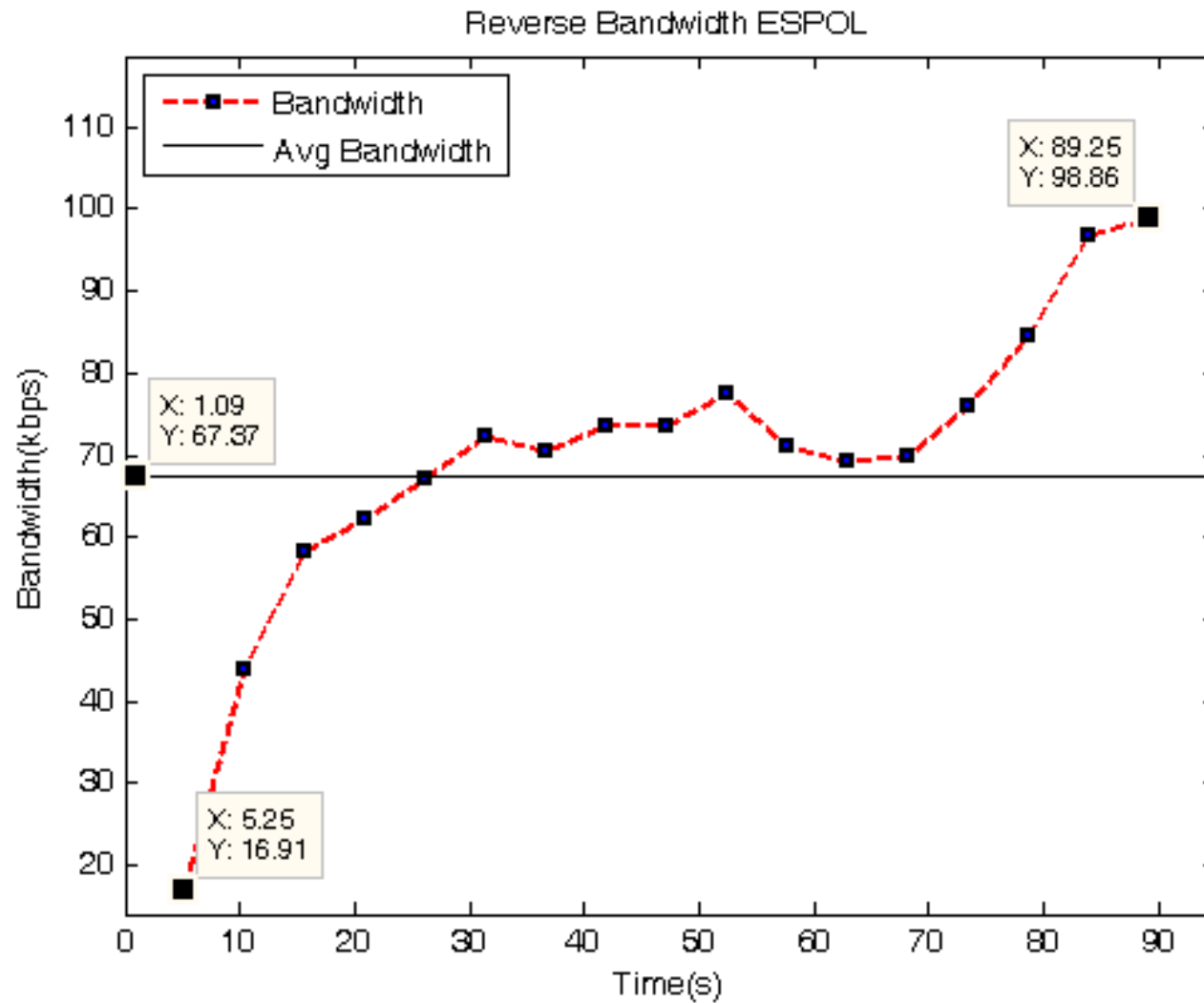
---

- ▶ Número de usuarios recomendados por salto:

<b>Salto</b>	<b>Llamadas</b>
0	105
1	55
2	30



# Resultados - ESPOL



# Resultados - ESPOL

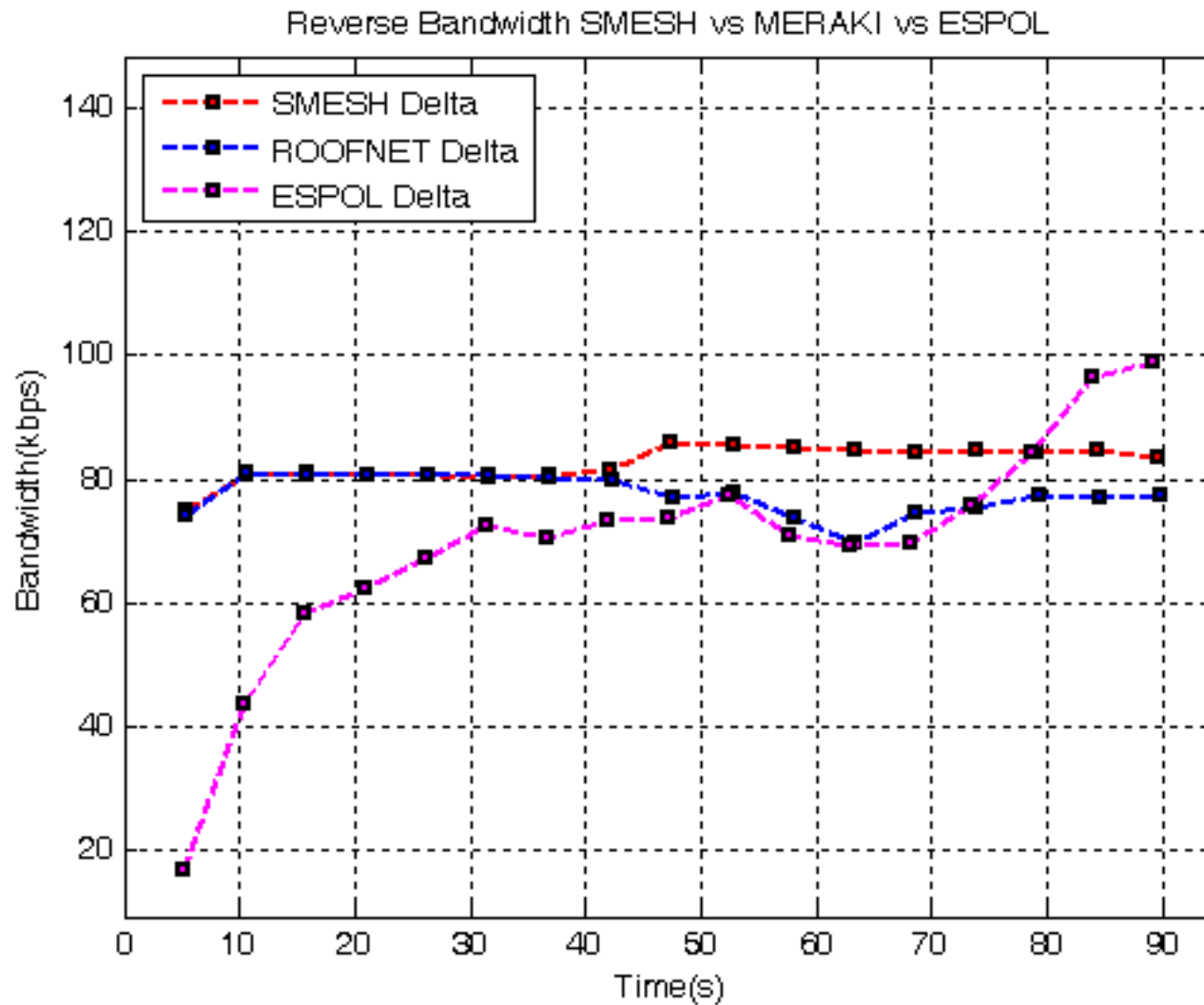
---

Análisis de los paquetes recibidos cuyo Delay fue mayor a 100 ms

<b>Límite</b>	<b>Paquetes</b>	<b>Porcentaje</b>
> 100 ms	400	100.00%
> 150 ms	318	79.50%
> 400 ms	45	11.25%
> 800 ms	30	7.50%



# Resultados – Todas las Redes



# Resultados – Todas las redes: Delay

---

## Delay Promedio

<b>Red</b>	<b>Delay Promedio (ms)</b>
SMesh	19.79
Meraki	21.2
ESPOL	43.74

## Comparativa paquetes con retraso mayor a 100ms

<b>Red</b>	<b>Delay &gt; 100</b>	<b>Delay &gt; 150</b>	<b>% Delay &gt; 150</b>
ESPOL	400	318	79.50%
Meraki	354	273	77.11%
SMesh	156	88	56.41%



# Resultados – Tráfico Meraki vs SMesh

---

Número máximo teórico de conexiones por salto

<b>Salto</b>	<b>Meraki</b>	<b>SMesh</b>
0	675	137
1	337	68
2	168	34

Número máximo recomendado de conexiones por salto

<b>Salto</b>	<b>Meraki</b>	<b>SMesh</b>
0	85	105
1	85	55
2	50	30



# Resultados – Tráfico Meraki vs SMesh

---

Aprovechamiento del Ancho de Banda por salto

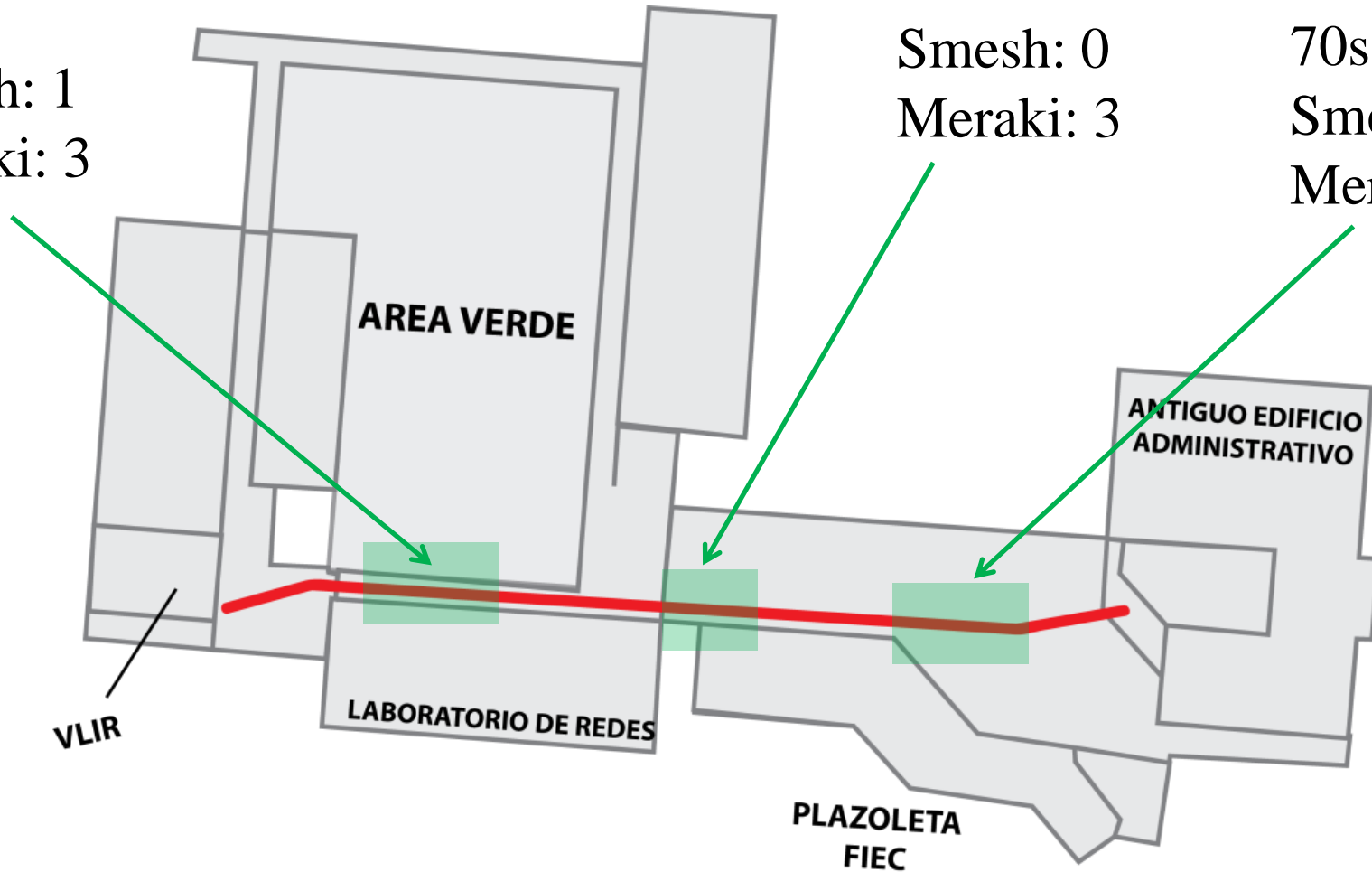
<b>Salto</b>	<b>Meraki</b>	<b>SMesh</b>
0	12.50%	77.00%
1	25.22%	80.88%
2	29.76%	88.23%



# Resultados – QoS Subjetiva

---

38s  
Smesh: 1  
Meraki: 3



55s  
Smesh: 0  
Meraki: 3

70s  
Smesh: 0  
Meraki: 2





# Conclusiones

---

- ▶ En términos teóricos – SMesh.
- ▶ En términos de los parámetros de QoS objetiva – SMesh.
- ▶ En términos de QoS subjetiva – SMesh.
- ▶ En relación a las pruebas de tráfico - Meraki.
- ▶ En relación al aprovechamiento del ancho de banda - SMesh.
- ▶ En términos económicos - SMesh.
  
- ▶ Conclusión final.
- ▶ Hipótesis.



# Recomendaciones

---

- ▶ Cobertura de las redes 802.11s y 802.11.
- ▶ Definir propósito de la red en fase de diseño.
- ▶ Considerar escalabilidad y aumento de tráfico en la red.
- ▶ Desarrollar software que determine el packet loss en pruebas sobre redes con paquetes duplicados.
- ▶ Implementar soluciones proactivas de acuerdo a las necesidades previa la implementación.



---

¡Gracias por su atención!

