

Capítulo IV

Descripción del equipo y software de pruebas

Para poder introducir en una red un servicio de VoIP, primero se debe caracterizar la naturaleza del tráfico, estudiar los requerimientos de QoS y la necesidad de componentes o dispositivos adicionales, así como la ubicación de los mismos en la red. Esto pensado en obtener una red eficiente, fácil de administrar y con posibilidad de crecimiento.

En primer lugar se debe agregar un nodo que actúe como gatekeeper, el cual manejará la señalización para establecer, terminar y autorizar todas las conexiones de llamada VoIP. También se necesitan las terminales de VoIP que pueden ser un teléfono IP o una PC con disponibilidad de VoIP mediante el uso de un software como el SoftPhone, el número de estos, evidentemente depende de los usuarios que habrá en nuestra red. Si requiere que su red interna privada pueda tener conexión con la PSTN necesita de un Gateway.

4.1 Topología de red

La red se implementó con los dispositivos disponibles en el Departamento de Ingeniería en Telecomunicaciones, los cuales son básicos y necesarios para poder ofrecer aplicaciones de VoIP en una red WAN, la cual fue simulada por tres routers en delta con enlaces con un ancho de banda de 2.048 Mbps. La topología de red utilizada es la siguiente:

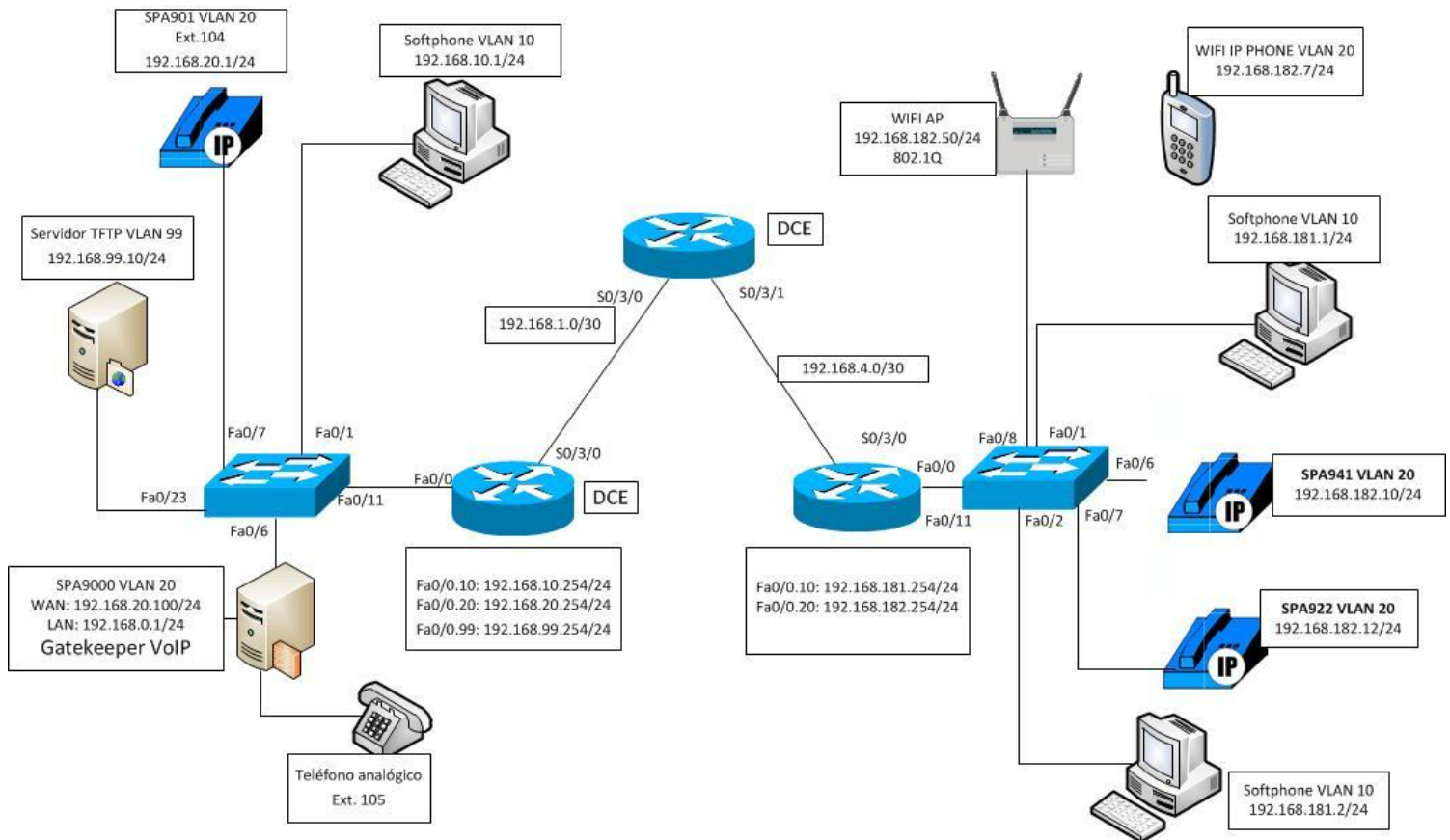


Figura 4.1 Diagrama de red

El direccionamiento de la red fue hecho mediante un rango de direcciones privadas clase C de acuerdo al RFC 1918 [23].

Se configuraron dos VLANs para una mejor distribución del tráfico en la red:

- VLAN 10: A la cual pertenecen los Softphones.
- VLAN 20: Configurada para los teléfonos IP y el SPA9000.

Se configuraron 5 puertos para cada VLAN en cada switch, asignados como se muestra en la tabla 4.1. Debido a que el gatekeeper, que es el SPA9000 acepta hasta 16 terminales IP, con 20 puertos establecidos para ello es suficiente.

VLAN	Puertos asignados	Switch
10	FastEthernet 0/1-5	1
20	FastEthernet 0/6-10	1
10	FastEthernet 0/1-5	2
20	FastEthernet 0/6-10	2

Tabla 4.1 Asignación de puertos a las VLANs.

Aún así se utilizaron switches de 24 puertos para un posible crecimiento de la red, con lo cual se puede incrementar el número de VLANs configuradas y el número de usuarios finales. Para brindar mayor seguridad a la red, los puertos que no se utilizan están en modo shutdown, es decir están apagados, de este modo no hay tráfico innecesario y no se conectan a ellos estaciones no autorizadas.

4.1.1 Descripción de los equipos

El equipo fue seleccionado de acuerdo a las necesidades que tiene una red que ofrece VoIP, por ejemplo que los equipos de interconexión soporten VoIP y QoS, así como también fue tomada en cuenta la velocidad de transmisión a la que trabajan, la cual debe soportar una cantidad de llamadas aceptables con una buena calidad. Asimismo fueron utilizados un servidor FTP y un servidor de streaming, los cuales ayudaron a realizar pruebas inyectando tráfico de video y datos, además de tráfico de voz; con la finalidad de que la red funcione eficientemente al transmitir diferentes tipos de tráfico. El equipo utilizado fue el siguiente:

Equipos de Interconexión:

Los equipos de interconexión usados son de la marca CISCO pues son con los que cuenta el laboratorio de redes. Dentro de la variedad de modelos que existen en el laboratorio se eligieron los siguientes:

- Router CISCO 2811

Cuenta con dos puertos FastEthernet (10/100) para la red de área local y con una tarjeta WIC-2T con dos puertos seriales capaces de transmitir a una velocidad de 8 Mbps soportando los protocolos de interconexión de datos PPP y Frame Relay, además de enlaces TI/EI para ofrecer servicios de datos, voz y video con seguridad, además de soportar conexiones inalámbricas. Adicionalmente cuenta con un máximo de veinticuatro puertos telefónicos (FXS, FXO or E&M) los cuales pueden ser instalados en el slot VIC (Voice Interface Card).

- Switch CISCO 2960

Son switches de alto rendimiento los cuales ofrecen escalabilidad y administración a una red LAN. Cuenta con 24 puertos Ethernet 10/100 Base-TX. Soporta DHCP, VLAN, listas de control de acceso (ACL), además de que aporta QoS y seguridad a la LAN.

Dispositivos VoIP:

- Linksys SPA9000 (Gatekeeper VoIP):

Combina el amplio conjunto de funciones de los sistemas de telefonía PBX con las ventajas de la telefonía por Internet.

El SPA9000 es fácil de configurar. Los nuevos teléfonos son automáticamente detectados y registrados cuando se conectan al SPA9000. Cuenta con un servidor web integrado que permite ser configurado mediante un navegador web, el cual tiene múltiples niveles de acceso protegido por contraseña. Puede comunicar hasta 16 teléfonos IP compatibles con SIP.

Ya que cuenta con un router integrado, el SPA9000 puede ser conectado directamente a la conexión a Internet, o indirectamente a través de otro router. Ya que utiliza el protocolo SIP, funciona con cualquier teléfono compatible con este protocolo, por esta razón es ideal para ser utilizado con los teléfonos Linksys, como el SPA942, SPA941, SPA962. Soporta funciones avanzadas de estos teléfonos, como las líneas compartidas, grupos de

búsqueda, transferencia de llamadas, aparcamiento de llamadas, y la paginación de grupo. Posee dos interfaces Ethernet 10baseT, uno WAN y otro LAN y dos puertos FXS, los cuales son utilizados por aparatos analógicos, tales como teléfonos, contestadores automáticos, máquinas de fax, y adaptadores de medios.

- Teléfonos IP Linksys:

Los teléfonos IP de linksys son ideales para una residencia o negocio usando servicios de telefonía IP. Estos teléfonos funcionan con todas las soluciones basadas en SIP de VoIP.

Modelo	Voice Lines	Ethernet Ports	High Resolution Graphical Display	Power over Ethernet Support
SPA901	1	1	N	N
SPA921	1	1	Y	N
SPA922	1	2 with PoE	Y	Y
SPA941	2-4	1	Y	N
SPA942	2-4	2 with PoE	Y	Y

Tabla 4.2 Comparación de teléfonos IP Linksys

- Softphone X-lite:

Es un software que simula un teléfono convencional por medio de una computadora, normalmente dentro de un entorno VoIP. El softphone permite hacer llamadas a otros softphones o a otros teléfonos convencionales. El X-lite está basado en el protocolo SIP.

- Servidor TFTP SolarWinds:

Es un servidor utilizado para realizar transferencia de archivos en una red, permitiendo la carga y descarga de los mismos. Utiliza el protocolo TFTP a través del puerto UDP 69. No utiliza mecanismos de autenticación ni cifrado.

- Servidor de Streaming VLC media player:

Este tipo de servidores permite escuchar o visualizar los archivos mientras se están descargando. El VLC media player soporta diferentes tipos de códecs de audio y video.

4.1.2 Descripción de las herramientas de medición

Para la realización de las pruebas descritas en el siguiente capítulo se utilizaron diferentes softwares y herramientas de medición los cuáles ayudaron a evaluar el comportamiento de la red implementada en distintos escenarios, esto para encontrar el mejor en el cual la transmisión de paquetes de voz se realice de una forma más eficiente, es decir, con el menor retardo y la menor pérdida de paquetes.

NetIQ IxChairot

Es un software que sirve como herramienta de monitoreo de la red, puede ser usado para probar el desempeño y ajustar el desempeño de la misma. IxChairot es una herramienta diseñada para identificar diferentes parámetros de rendimiento de una red. Algunos de estos parámetros son: jitter, pérdida de paquetes, etc.

Se compone de un programa de consola y varios puntos terminales distribuidos en diversos puntos de la red. Las pruebas se realizan desde el programa consola hacia alguno o varios puntos terminales, evaluando de esta forma los equipos de red a través de los cuales se realiza la comunicación entre estos dos puntos.

Uno de los módulos de evaluación de IxChairot permite la generación de tráfico VoIP, así como la evaluación del comportamiento de la red frente a dicho tráfico generado. Dentro de los parámetros de configuración de este módulo es posible seleccionar el códec que se desea utilizar; así como el número de circuitos que se desean simular.

Cisco Packet Tracer

El packet tracer es una herramienta de software mediante la cual se puede hacer simulación de redes, crear la topología de red, configurar equipos, insertar paquetes. Soporta los protocolos básicos de ruteo y capa dos que son indispensables para la simulación.

La ventaja de esta herramienta es poder hacer pruebas sin necesidad de armar la red físicamente, lo cual es un poco tedioso si no se sabe con certeza que funcionará; además mediante este programa el proceso de troubleshooting también se puede practicar.

4.2 Procedimientos básicos para la configuración del Gatekeeper SPA9000.

El gatekeeper es el elemento más importante de la red implementada, debido a que provee señalización, controla y enruta las llamadas por medio del protocolo SIP, lo que hace más eficiente el tránsito de tráfico de voz, ya que existe una ruta para éste y otra para la señalización, como ya se explicó en el capítulo III. Evidentemente al sólo poder admitir 16 elementos terminales IP y 2 teléfonos analógicos, es ideal para una red pequeña, pudiéndose utilizar más de uno en el caso de que se requiera aumentar la red, con la ayuda de un Gateway para la comunicación entre ellos.

Para su configuración se utilizó una dirección IP para el puerto Ethernet WAN, con la cual se administra el SPA9000 mediante su Web browser, además de servir como proxy para los Softphones utilizados en la red. Los otros teléfonos IP conectados a los puertos que pertenecen a la VLAN 20, se registran automáticamente a él y son identificados por medio de una extensión que es configurada al igual que su dirección IP en el mismo teléfono, he aquí la ventaja del SPA9000.

Más adelante en este capítulo se da una breve explicación de la configuración de los teléfonos IP.

La dirección IP configurada en el SPA9000, pertenece a la VLAN 20 al igual que los teléfonos IP conectados a la red, es la VLAN de menor tráfico, ya que la VLAN 10 al ser formada por Softphones los cuales son implementados en una computadora, también pueden enviar otro tipo de tráfico como datos y video, provocando un mayor tránsito de paquetes en ella. Al conectar el SPA9000 a la VLAN 20 se balancea la carga y mejora el rendimiento de la red.

SPA9000	Dirección IP	Máscara	Gateway
Ethernet WAN	192.168.20.100	255.255.255.0	192.168.20.254

Tabla 4.3 Configuración IP SPA9000

A continuación se muestra el direccionamiento y las extensiones asignadas a cada elemento de la red.

Softphones	Dirección IP	Máscara	Gateway	Proxy	Extensión
Usuario 1	192.168.10.1	255.255.255.0	192.168.10.254	192.168.20.100:6060 ³³	111
Usuario 2	192.168.181.1	255.255.255.0	192.168.181.254	192.168.20.100:6060	112
Usuario 3	192.168.181.2	255.255.255.0	192.168.181.254	192.168.20.100:6060	113

Tabla 4.4 Asignación de direcciones IP y extensiones de Softphones

Teléfono IP	Dirección IP	Máscara	Gateway	Extensión
SPA901	192.168.20.1	255.255.255.0	192.168.20.254	202
SPA922	192.168.182.12	255.255.255.0	192.168.182.254	203
SPA941	192.168.182.10	255.255.255.0	192.168.182.254	204

Tabla 4.5 Asignación de direcciones IP y extensiones a teléfonos IP

Para configurar el SPA9000:

1. Para entrar al Web browser de configuración por primera vez:

- Se conecta la computadora de administración con el puerto Ethernet del SPA9000 por medio de un cable ETHERNET.
- Se escribe 192.168.0.1/admin/voice/advanced³⁴ en el campo de dirección de un navegador. Previamente se le asigna a la computadora de administración la dirección 192.168.0.2.

³³ El puerto 6060 es el puerto de voz proxy o Proxy Listen Port predeterminado para SIP.

³⁴ 192.168.0.1 es la dirección IP local por default del sistema del SPA9000.

- Una vez que se entra al browser y se configura una dirección WAN se puede entrar al mismo utilizando esta dirección, es decir escribiendo en el campo de dirección del navegador 192.168.20.100/admin/voice/advanced .



The screenshot displays the 'Linksys Phone Adapter Configuration' web interface. At the top, the Linksys logo and 'A Division of Cisco Systems, Inc.' are visible on the left, and the title 'Linksys Phone Adapter Configuration' is on the right. Below the title, there are navigation tabs: 'Router' (selected), 'Voice', and 'Application'. Under 'Router', there are sub-tabs: 'Status', 'Wan Setup' (selected), 'Lan Setup', and 'Application'. A 'PBX Status' link is also present. The main content area is titled 'Internet Connection Settings' and includes a 'Connection Type' dropdown set to 'Static IP'. Below this, 'Static IP Settings' are shown with fields for 'Static IP' (192.168.20.100), 'NetMask' (255.255.255.0), and 'Gateway' (192.168.20.254). 'PPPoE Settings' include fields for 'PPPOE Login Name', 'PPPOE Login Password', and 'PPPOE Service Name'. 'Optional Settings' include fields for 'HostName', 'Domain' (192.168.20.100), and 'Secondary DNS'.

Figura 4.2 Configuración de la dirección WAN en el SPA9000

- Como se está utilizando una dirección WAN se conecta la computadora de administración con el puerto Internet³⁵ del SPA9000 por medio de un cable ETHERNET.
- Se le asigna a la computadora de administración la dirección 192.168.20.1, la cual corresponde a la subred a la que pertenece la dirección WAN del SPA9000.

³⁵ El Puerto Internet del SPA9000 es utilizado tanto para administrar el SPA9000 como para ser conectado a un router o un módem. En nuestro caso lo utilizamos en ambas formas por facilidad.



Figura 4.3 Web browser de configuración

5. Dentro del Web browser los parámetros básicos y principales a configurar para obtener un buen funcionamiento en una red empresarial como la implementada son los siguientes:

Temporizadores SIP

Los temporizadores utilizados por el protocolo SIP se encuentran estipulados y descritos en la RFC 3261³⁶. A continuación se presenta un cuadro con valores configurados y los cuales son los valores por default recomendados.

Temporizador	Valor utilizado	Sección	Significado
T1	0.5 s	17.1.1.1	Cálculo de RTT (Round-trip Time) ³⁷
T2	4 s	17.1.2.2	Intervalo máximo de retransmisión para peticiones no INVITE y para respuestas

³⁶ RFC 3261 "SIP: Session Initiation Protocol", junio 2002

³⁷ RTT es el tiempo que tarda un paquete transmitido por un emisor en regresar al mismo emisor habiendo pasado por el receptor.

INVITE			
T4	5 s	17.1.2.2	El período de tiempo máximo que un mensaje puede permanecer en la red
Temporizador B	64*T1	17.1.1.2	Temporizador de tiempo de espera de transacciones INVITE
Temporizador D	> 32 segundos para UDP 0 segundos para TCP y SCTP	17.1.1.2	Tiempo de espera para retransmisiones de respuestas
Temporizador F	64*T1	17.1.2.2	Temporizador de tiempo de espera de transacciones no INVITE
Temporizador H	64*T1	17.2.1	Tiempo de espera para la recepción ACK
Temporizador J	64*T1 para UDP 0 segundos para TCP y SCTP	17.2.2	Tiempo de espera para retransmisiones de peticiones no INVITE

Tabla 4.6 Temporizadores SIP

Parámetros RTP

Como ya se explicó en el capítulo III, RTP es un protocolo que transmite paquetes que contienen pequeñas muestras de voz de una conversación. El tamaño de estos paquetes así como el tamaño de la muestras dependerán del códec utilizado. Por esto es importante configurar algunos parámetros de este protocolo en el SPA9000 para obtener una buena calidad en las llamadas procesadas por el mismo.

Parámetro	Valor utilizado	Significado
RTP Port Min	16384	Es el número de puerto mínimo para transmisiones y recepciones RTP.

RTP Port Max	16482	Es el número de puerto máximo para transmisiones y recepciones RTP.
RTP Packet Size	0.030	Se refiere al tamaño aproximado del paquete de voz RTP en segundos. Puede ser desde 0.01 a 0.16 s, los valores utilizados sólo pueden ser múltiplos de 0.01. El tamaño que se utilizó fue de 0.030 s, debido a que es un valor típicamente usado por los códecs que maneja el SPA9000.

Tabla 4.7 Parámetros RTP

Parámetros PBX

En esta sección se describen los parámetros más importantes para el funcionamiento del PBX.

Parámetro	Valor utilizado	Significado
Proxy Network Interface	WAN	Le indica al sistema del SPA9000 cómo están conectados los clientes (teléfonos y softphones)
Proxy Listen Port	6060	Es el puerto utilizado por el SPA9000 para escuchar los mensajes de los clientes.
Multicast Address	224.168.168.168:6061	Es la dirección multicast y puerto utilizados para enviar mensajes de control a todos los clientes al mismo tiempo.
Group Page Address	224.168.168.168:3456	Es la dirección multicast y número de puerto usados para notificarles a los clientes el envío y recibo de paquetes RTP.
Max Expires	60	Se refiere al valor de expiración de registro máximo en segundos permitido para un cliente.
Call Routing Rate	(<:L1,2,3,4>9xx.)	Es un plan de marcación especial el cual determina que línea puede ser utilizada por una

		llamada externa. El plan configurado es el utilizado por default, indica que cualquiera de las cuatro líneas puede ser utilizada para una llamada externa, marcando un 9 antes del número externo.
Default Group Line	1,2,3,4	Se refiere a las líneas utilizadas por default.

Tabla 4.8 Parámetros PBX

Parámetros del Teléfono PBX

Parámetro	Valor utilizado	Significado
Next Auto User ID	105	Es el user ID asignado al siguiente cliente que desea registrarse.

Tabla 4.9 Parámetros del Teléfono PBX

The screenshot shows the 'Linksys Phone Adapter Configuration' web interface. At the top, it displays the Linksys logo and 'A Division of Cisco Systems, Inc.' The main title is 'Linksys Phone Adapter Configuration'. Below the title, there are navigation tabs for 'Router' and 'Voice'. Under the 'Voice' tab, there are sub-tabs for 'Info', 'System', 'SIP', 'Provisioning', 'Regional', 'FXS 1', 'FXS 2', 'Line 1', 'Line 2', 'Line 3', and 'Line 4'. The 'SIP' tab is currently selected. The interface is divided into several sections:

- SIP Parameters:** Includes fields for Max Forward (70), Max Auth (2), SIP Server Name (\$VERSION), SIP Accept Language, Hook Flash MIME Type (application/hook-flash), Use Compact Header (no), RFC 2543 Call Hold (yes), SIP TCP Port Min (5060), Max Redirection (5), SIP User Agent Name (\$VERSION), SIP Reg User Agent Name, DTMF Relay MIME Type (application/dtmf-relay), Remove Last Reg (no), Escape Display Name (yes), Mark All AVT Packets (yes), and SIP TCP Port Max (5080).
- SIP Timer Values (sec):** Includes fields for SIP T1 (.5), SIP T2 (4), SIP T4 (5), SIP Timer B (32), SIP Timer F (32), SIP Timer H (32), SIP Timer D (32), SIP Timer J (32), INVITE Expires (240), ReINVITE Expires (30), Reg Min Expires (1), Reg Max Expires (7200), Reg Retry Intvl (30), Reg Retry Long Intvl (1200), Reg Retry Random Delay, and Reg Retry Long Random Delay.
- Response Status Code Handling:** Includes fields for SIT1 RSC, SIT2 RSC, SIT3 RSC, SIT4 RSC, Try Backup RSC, and Retry Reg RSC.
- RTP Parameters:** Includes fields for RTP Port Min (16384), RTP Port Max (16482), RTP Packet Size (0.030), Max RTP ICMP Err (0), RTCP Tx Interval (0), No UDP Checksum (no), and Stats In BYE (no).

Figura 4.4 Configuración de parámetros en el SPA9000

Para una descripción más detallada y configuraciones más avanzadas del SPA9000, ver referencias [5] y [6].

4.3 Procedimientos básicos para la configuración de un teléfono IP Linksys.

Los teléfonos IP Linksys utilizados cuentan con las funciones tradicionales de los teléfonos analógicos, como marcación rápida, llamada en espera, conferencias, etc., y son compatibles con el protocolo SIP. Los modelos SPA921, SPA922, SPA941 y SPA942 son más sofisticados y se configuran de distinta forma que el modelo SPA901, el cual es un modelo más sencillo.

Los teléfonos Linksys se registran automáticamente en el SPA9000, aunque su dirección IP y su extensión se configuran en el teléfono.

Antes de realizar cualquier configuración es importante conectar el adaptador de corriente CA a una toma de corriente, el teléfono realizara una secuencia de arranque después de la cual el teléfono muestra un menú estándar (excepto el SPA901, pues no cuenta con display) en el cual aparece fecha, nombre y extensión.

4.3.1 Configuración de un teléfono IP Linksys SPA901.

La configuración de la dirección IP y de la extensión en este modelo de teléfonos se puede realizar a través del mismo teléfono o mediante su browser de configuración; en nuestro caso y por facilidad la realizamos a través del dispositivo, para lo cual los pasos a seguir son los siguientes:



Figura 4.5 Teléfono IP Linksys SPA901


1. Se descuelga el auricular y se presiona ****, después debe escuchar una voz diciendo "Configuration Menu".
2. Se marca 111, para asignar una dirección IP estática al dispositivo, para lo cual se marca la dirección IP utilizando las teclas del teléfono usando * en lugar de puntos.

3. Se presiona 121, para configurar la máscara de subred. Previamente se puede checar marcando 120.
4. Marcando 131 se asigna la dirección de Gateway al dispositivo, en nuestro caso es la dirección WAN del SPA9000, 192.168.20.100.

4.3.2 Configuración de los teléfonos IP Linksys SPA922 y SPA941.

La configuración para estos modelos de teléfonos IP fue de las más sencillas, puesto que no se necesito configurar ninguno de los servicios de valor agregado. Al igual que el teléfono IP SPA901, la configuración de sus diversos parámetros incluyendo su dirección IP se puede realizar mediante la aplicación del Web Browser. Este tipo de dispositivos también ofrecen la opción de ser configurados a través del menú que ofrecen los displays de estos teléfonos.

A continuación se da una breve explicación de cómo llevar a cabo una configuración básica:

1. Primero mediante el botón de configuración  se accede al menú de red (número 9).
2. Dentro del menú de red se pueden configurar la dirección IP y el Gateway por default para este dispositivo. En el campo de *no DHCP IP address*, podremos observar la dirección IP del teléfono a configurar, con la cual podremos acceder a la aplicación Web Browser.
3. Una vez que se conoce la dirección IP por default del dispositivo, se conecta el mismo a una PC mediante un cable Ethernet.
4. En el explorador Web se introduce la dirección IP obtenida en el paso 2.

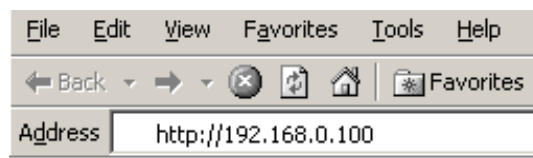


Figura 4.6 Configuración paso 4

- Una vez realizado el paso 4, aparecerá en tu pantalla un menú como el de la figura 4.7, en la cual se indica donde introducir la dirección IP.



Figura 4.7 Web Browser Teléfonos IP Linksys

- La aplicación cuenta con varias pestañas desde las cuales puedes configurar extensión, dirección IP estática y diversos parámetros útiles dependiendo del escenario en el que se trabaje.
- A cada teléfono se le configuró una dirección IP y una extensión correspondientes con la tabla 4.5.

4.4 Procedimientos básicos para la configuración del Softphone X-Lite.

A continuación se describen el procedimiento para una configuración básica, incluyendo nombre de usuario, extensión y forma de comunicarse con el SPA9000 del Softphone X-Lite.

1. Instalar el Softphone X-Lite y abrir la aplicación.



Figura 4.8 Interfaz del Softphone X-Lite

2. Una vez dentro acceder a la pestaña Show Menu localizada en la parte superior de la interfaz, ver figura 4.8.
3. Dar clic en Options del menú desplegable, y configurar lo siguiente:

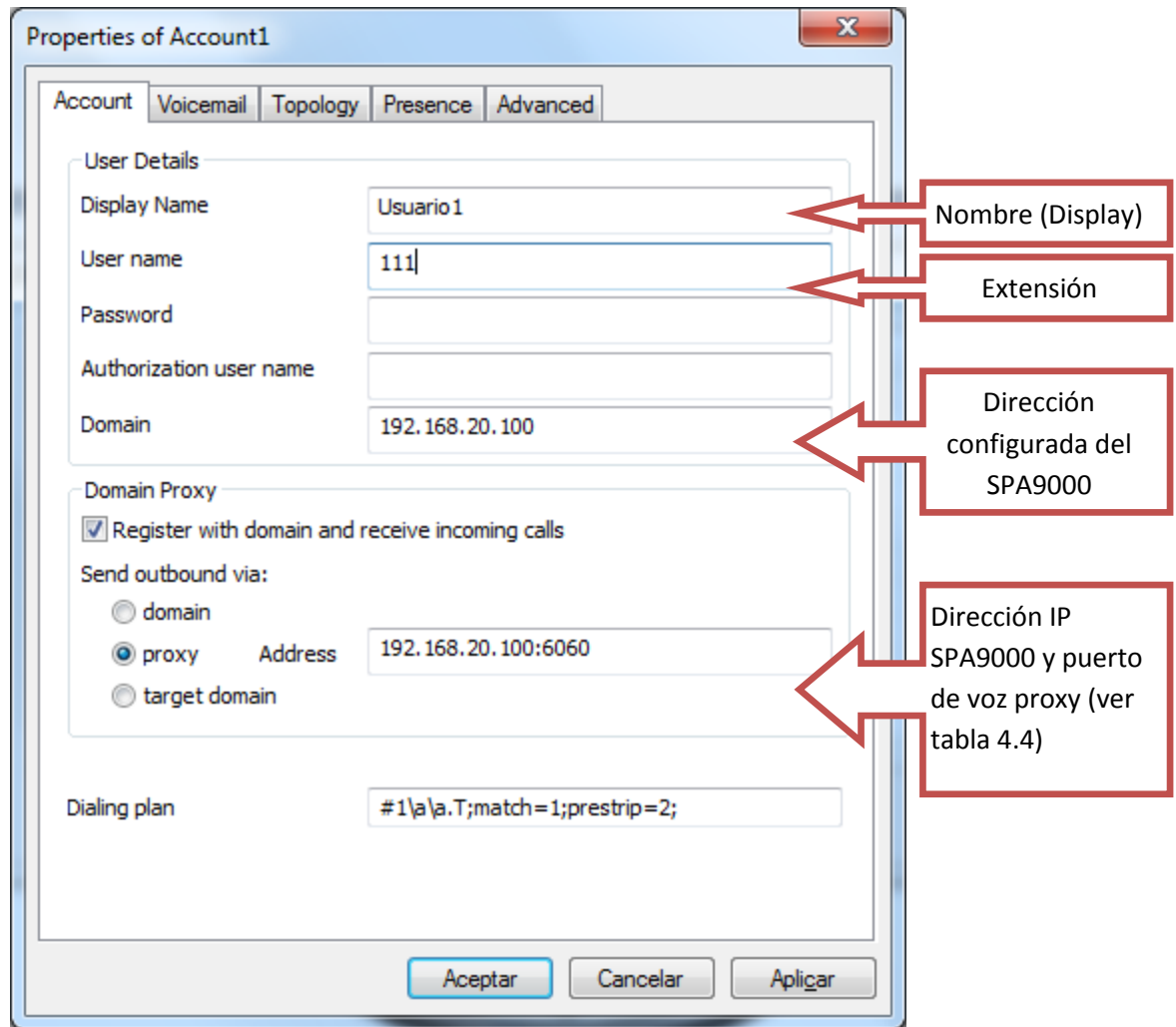


Figura 4.9 Configuración Softphone X-Lite

- Una vez realizado los pasos anteriores, configurar una dirección IP en el equipo en el cual se instaló el software, la cual fungirá como la dirección IP del Softphone, lo anterior de acuerdo al esquema de red.
- Después de este procedimiento y si existe conectividad con el SPA9000, deberá aparecer un mensaje en la pantalla con el nombre de usuario y el número de extensión.