



Universidad
Rey Juan Carlos

Grado en Ingeniería en Sistemas Audiovisuales y Multimedia

Curso Académico 2021/2022

Trabajo Fin de Grado

INTEGRACIÓN DE UNA PLATAFORMA DE TELEFONÍA IP

Autor : Javier Estébanez Rodríguez

Tutor : Gregorio Robles Martínez

Trabajo Fin de Grado

Integración de una Plataforma de Telefonía IP

Autor : Javier Estébanez Rodríguez

Tutor : Dr. Gregorio Robles Martínez

La defensa del presente Proyecto Fin de Carrera se realizó el día de
de 2022, siendo calificada por el siguiente tribunal:

Presidente:

Secretario:

Vocal:

y habiendo obtenido la siguiente calificación:

Calificación:

Fuenlabrada, a de de 2022

Dedicado a mi familia y a mi pareja

Agradecimientos

Aquí vienen los agradecimientos... Aunque está bien acordarse de la pareja, no hay que olvidarse de dar las gracias a tu madre, que aunque a veces no lo parezca disfrutará tanto de tus logros como tú... Además, la pareja quizás no sea para siempre, pero tu madre sí.

Resumen

El objetivo de esta memoria es presentar una solución de colaboración on-premise basada en Cisco UCS para el alojamiento de una infraestructura de telefonía IP, servicios de mensajería y Contact Center.

El sistema consiste principalmente de una centralita que gestionará la lógica de las llamadas de VoIP (Voice over Internet Protocol) con tecnología Cisco basada en Call Manager y protocolo SIP (Session Initiation Protocol). Para hacerlo posible, se ha preparado un entorno de virtualización con la tecnología VMWare, que alojará las máquinas virtuales de la solución.

Este tipo de estructura está pensado para atender las necesidades de varias empresas (en paralelo) en cuestión de atención telefónica. La lógica que pueden esconder los distintos elementos de la arquitectura ofrece un sinfín de posibilidades, de manera que se puede llegar a realizar una gestión muy eficiente y personalizada.

En un mundo cada vez más digitalizado, las empresas se ven obligadas a ofrecer un soporte técnico remoto ya sea telefónicamente, por chat o mediante correo electrónico. En este ámbito, la asistencia telefónica constituye una gran opción que permite mejorar la comunicación y eficiencia en la resolución de problemas, consiguiendo así un mayor grado de satisfacción en el cliente y convirtiéndose a su vez en un importante criterio de evaluación a la hora de elegir la contratación de un servicio/producto.

Empresas como Cisco, Skype o Mitel (entre otros) son grandes referentes en la implementación de estos servicios, que además permiten la comunicación interna entre trabajadores de la misma empresa sin inferir en un sobrecoste.

Summary

Here comes a translation of the “Resumen” into English. Please, double check it for correct grammar and spelling. As it is the translation of the “Resumen”, which is supposed to be written at the end, this as well should be filled out just before submitting.

Índice general

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Presentación de la solución | 1 |
| 1.2. Contexto personal | 1 |
| 1.3. Análisis de entorno | 2 |
| 1.4. Estructura de la memoria | 5 |
| 2. Objetivos | 7 |
| 2.1. Objetivo general | 7 |
| 2.2. Objetivos específicos | 7 |
| 2.3. Planificación temporal | 8 |
| 3. Estado del arte | 11 |
| 3.1. Tecnologías actuales | 12 |
| 3.1.1. SIP | 13 |
| 3.1.2. Tecnologías complementarias | 16 |
| 4. Diseño e implementación | 19 |
| 4.1. Arquitectura general | 19 |
| 4.2. Diagrama general | 20 |
| 4.3. Diagrama de flujo | 22 |
| 4.4. Configuración de los componentes | 24 |
| 4.4.1. Virtualización | 24 |
| 4.4.2. Multiserver | 25 |
| 4.4.3. Grabadora | 26 |
| 4.4.4. Call Manager | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4.5. Contact Center | 29 |
| 4.4.6. Gateway | 29 |
| 4.4.7. Session Border Controller | 31 |
| 5. Experimentos y validación | 33 |
| 6. Resultados | 35 |
| 7. Conclusiones | 37 |
| 7.1. Consecución de objetivos | 37 |
| 7.2. Aplicación de lo aprendido | 37 |
| 7.3. Lecciones aprendidas | 38 |
| 7.4. Trabajos futuros | 38 |
| A. Manual de usuario | 39 |
| Bibliografía | 41 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| 1.1. Cuadrante mágico para UCaaS 2021 | 4 |
| 3.1. Esquema simple de VoIP | 12 |
| 3.2. Comunicación vía SIP entre dos terminales | 13 |
| 3.3. Flujo básico SIP | 15 |
| 3.4. Flujo de comunicación por SCCP | 16 |
| 4.1. Diseño a alto nivel de la arquitectura montada | 21 |
| 4.2. Diagrama de flujo SIP general | 23 |
| 4.3. Interfaz web de VMWare | 24 |
| 4.4. Creación de DNS en Server Manager | 26 |
| 4.5. Ejemplo de registros en el DNS | 26 |
| 4.6. Panel de resumen de la grabadora | 27 |
| 4.7. Aspecto de la interfaz de visualización de grabaciones | 28 |
| 4.8. Detalle de una grabación específica | 28 |
| 4.9. Ejemplo de búsqueda con criterios | 29 |
| 4.10. Ejemplo de multiplexación TDM | 30 |

Capítulo 1

Introducción

1.1. Presentación de la solución

La implementación de esta solución se ha ideado con el objetivo de instalar un sistema de Contact Center en un cliente que de soporte a varias empresas. Se pretende que varios agentes gestionen simultáneamente las llamadas de dichas empresas, pudiendo atender indistintamente llamadas de varios de estos orígenes.

De forma paralela, se ha provisto de un servicio de presencia (estado online, ausente, ocupado...) y de mensajería interna mediante el aplicativo Finesse, apoyado en Cisco Jabber. Mientras que Jabber proveerá del servicio de presencia, voz y monitorización silenciosa de las llamadas; Finesse será la interfaz gráfica que verá el agente, pudiendo entre otras cosas pausar y transferir llamadas o entrar en conferencias.

Adicionalmente, se ha configurado un software de terceros para la grabación de las llamadas. Desde dicho software se pueden escuchar las grabaciones y organizarlas mediante filtros, de manera que su exportación sea más controlada y proporcione datos para estadísticas.

1.2. Contexto personal

En verano del 2021 estuve plenamente implicado en un proyecto de VoIP (con la empresa en la actualmente trabajo) que me supuso un enorme reto por su complejidad, diseño inicial desde cero y las exigentes “dead-lines” impuestas por el cliente.

Estas circunstancias me obligaron a investigar mucho por mi cuenta sin realmente tener

la posibilidad de poder apoyarme inicialmente en perfiles más completos de mi empresa al encontrarse de vacaciones. Como suelen decir, y aunque a menudo suponga un gran esfuerzo, a veces hay que “pegarse con ello” para aprender y sacar las cosas adelante. Aún contando con ayuda de mis compañeros en fases más avanzadas del proyecto, mi dedicación ha sido plena desde el inicio hasta el final, y sigue siéndolo en mejoras actuales.

La reproducción del proyecto en esta memoria me pareció idónea por su contenido tan cercano a los conocimientos adquiridos en mi grado, y a su vez me ayuda a hacer un análisis más a bajo nivel de la implementación, que me permitirá interiorizar con más precisión cada elemento configurado y su importancia dentro de la arquitectura, y así poder replicarlo en futuros proyectos.

1.3. Análisis de entorno

Tras vivir recientemente una situación límite en muchos aspectos con la pandemia de la COVID-19, el modelo de negocio actual se ha visto obligado a adaptarse para integrar el trabajo remoto en su día a día a consecuencia de las medidas de restricción sanitarias que están teniendo lugar. Estas circunstancias han favorecido en gran medida el crecimiento de las soluciones de telefonía IP y colaboración, que ya habían sido objeto de estudio previamente por consultoras de análisis de mercados, arrojando unos resultados prometedores de crecimiento entre los años 2017 y 2021 y previendo la continuación de dicha tendencia en los próximos años.

Si bien las distintas soluciones de telefonía IP pretenden lograr el mismo objetivo, podemos distinguir entre los dos métodos de integración que se pueden llevar a cabo actualmente:

- On premise o local, donde el montaje de la arquitectura se hace habitualmente en las propias instalaciones de la empresa, la cual necesita comprar, instalar y mantener el hardware. Los costes iniciales son grandes y requiere personal cualificado para su gestión, pero proporcionan un control completo y autónomo de la solución. Además, son más seguros al no tener elementos fuera de la red local por lo que el flujo de comunicación se queda dentro de la red propia.
- Cloud o en la nube, que puede ser pública o privada. La gestión y mantenimiento de la arquitectura se hace remotamente, de lo que generalmente se encarga el proveedor.

Son servicios más baratos, más fácilmente escalables y su puesta en marcha es mucho más rápida y sencilla, aunque impide un control total de la configuración al encontrarse supeditada a las posibilidades que ofrezca el proveedor.

Para el despliegue de estas tecnologías podemos distinguir entre empresas que ofrecen productos propios vs empresas que ofrecen productos basados en tecnología de código abierto (Asterix por ejemplo), o empresas que ofrecen productos on premise¹ frente a otras más incipientes en el mercado actual que ofrecen soluciones en cloud². Cabe hacer mención a varias empresas que ofrecen servicios de CC (Contact Center) líderes en el sector, y representadas en años consecutivos en los famosos cuadrantes de Gartner (Figura 1.1):

- **Cisco.** Entre los muchos mercados en los que se encuentra, dedica al de VoIP gran parte de su atención y esfuerzo.
 - *UCCX*: Unified Contact Center Express es la aplicación de centro de atención al cliente on premise que se presenta en esta memoria. Una herramienta muy potente bajo el renombre de una marca con gran reconocimiento mundial.
 - *Webex*: Muy expandida en Europa y Norte América. Ofrece un despliegue de CC en la nube con gran rapidez y flexibilidad en necesidades puntuales por sobrecarga, entre otros.
- **Mitel.** Su solución *MiContact Center Business*³, a menudo de la mano con la centralita de Call Manager MiVoice MX-ONE, es una plataforma de nivel profesional para la gestión de experiencia del cliente omnicanal, diseñada para las empresas orientadas al cliente.
- **Genesys.** Referente mundial en soluciones de CC y experiencia de cliente omnicanal. Presente en valoraciones Gartner de CCaaS (Contact Center as a Service) y UCaaS (Unified Communications as a Service).

¹<https://www.gartner.com/reviews/market/contact-center-infrastructure>

²<https://www.gartner.com/reviews/market/contact-center-as-a-service>

³<https://www.mitel.com/es-es/productos/aplicaciones/contact-center/>



Figura 1.1: Cuadrante mágico para UCaaS 2021

En el mercado VoIP actual se está valorando cada vez más la sencillez de instalación, la interfaz, la facilidad de uso y la integración con múltiples herramientas de trabajo, además del siempre presente interés por el mayor ahorro posible dentro de unos estándares mínimos de calidad. Estos “requisitos” han ocasionado que emerjan soluciones de colaboración principalmente en cloud destinadas a ese propósito, pero que no ofrecen servicios de CC. Entre ellas, caben destacar dos archiconocidas en España

- **Microsoft.** *Teams* es la herramienta que se usa actualmente en esta universidad. Interfaz amigable, sencilla, potente y con garantías de una empresa con gran trayecto andado en este ámbito, pues podría decirse que Teams es el resultado de la evolución y muerte de Skype.
- **Zoom.** No ha sido hasta la reciente pandemia que esta empresa ha ganado mayor nombre. Muy utilizada por la educación pública de España y cada vez más recurrida por

empresas para satisfacer sus necesidades de comunicación, reuniones, chat, y seminarios web.

1.4. Estructura de la memoria

A continuación se muestra la estructura que tendrá la memoria:

- En el primer capítulo se presenta el contexto personal, motivaciones de presentación de este proyecto y una pequeña introducción del estado del arte.
- En el segundo capítulo se muestran las necesidades, objetivos y planificaciones que se llevaron a cabo para abordar el trabajo.
- El capítulo 3 refleja las tecnologías empleadas en la consecución del diseño, haciendo hincapié en las referentes a la comunicación vía VoIP.
- El capítulo 4 muestra la arquitectura (aproximada) y los flujos de comunicación entre los elementos del sistema.
- Por último, el capítulo 5 contiene las conclusiones sacadas de esta experiencia.

Capítulo 2

Objetivos

2.1. Objetivo general

El objetivo general de este proyecto consiste en idear e implementar una solución de centro de atención al cliente telefónico basado en VoIP y a su vez cubrir las necesidades de comunicación interna de una empresa.

2.2. Objetivos específicos

Para lograr que el diseño sea adecuado, he definido una serie de objetivos específicos que se desean alcanzar:

- Instalación física de los servidores y demás elementos en los CPDs correspondientes, es decir, trasladarlos a sus ubicaciones finales en las instalaciones del cliente.
- Instalación de los aplicativos de software en los servidores. Proveer de configuraciones de red a los equipos y realizar las instalaciones de los sistemas operativos necesarias.
- Conseguir que el sistema permita mensajería y llamadas a través de la extensión interna. Como primeras pruebas de funcionamiento, hay que comprobar que al menos las llamadas internas se cursan y los mensajes llegan entre agentes.
- Adaptar la herramienta al teletrabajo. Para ello, es necesario permitir que los agentes se puedan registrar contra la centralita (de ahora en adelante “Call Manager”) de forma

remota, sin dependencia de estar conectado a una VPN.

- Integrar el elemento que actúa de gestor de agentes en llamadas entrantes: el Contact Center. Configurar la lógica para que se asigne el agente idóneo con relación a la consulta recibida.
- Configurar e integrar el elemento que actúa de borde en la red para que gestione las llamadas entrantes y salientes a la PSTN.
- Redundar geográficamente la solución en dos o más CPDs, de manera que el servicio siga activo y funcionando aunque haya una caída en cualquiera de las ubicaciones físicas, ya sea de tensión o de internet, o por cualquier factor no previsto.
- Integrar un elemento de grabación de llamadas, tanto entrantes como salientes. Dicho elemento permitirá también filtrar y exportar grabaciones.
- Monitorizar los elementos del sistema, de modo que un equipo de soporte técnico pueda detectar si hay alarmas que requieran atención.

2.3. Planificación temporal

Esta memoria refleja de forma didáctica y aproximada lo que fue todo el diseño y puesta en producción de un proyecto real que llevé a cabo en la empresa en la que estoy actualmente empleado. A mediados de verano de 2021 llegó a mi departamento un proyecto con unas fechas muy muy justas. Trataba de una actualización desde 0 de un sistema de atención al cliente que daba soporte telefónico a varias empresas. De forma resumida, el cliente cambiaba de marca y había que hacer un traslado de una arquitectura similar a la que tenían en ese momento a unos nuevos servidores, pero más actualizada y con más elementos. Por la tipología de este escenario, se pudieron reutilizar algunos elementos, como scripts con la lógica para despachar llamadas entre los agentes disponibles, los nombres y extensiones de los agentes, los grupos de captura y grupos de salto de llamadas, etc.

En aquel entonces no había gente suficiente para cubrir todas las tareas que había que llevar a cabo, y yo no tenía la suficiente experiencia como para montar de 0 todo un sistema de telefonía IP, de modo que tuve que estar 8 horas diarias durante unas dos semanas estudiando cada

elemento, cada flujo de comunicación y la configuración de todos los equipos. Pasadas esas dos semanas llegaron los equipos físicos a las oficinas de Madrid, así que ahí comenzaron mis tareas de configuración inicial de los equipos. Una vez realizada, se pudieron mandar los equipos físicos a los CPDs del cliente y comenzar con las configuraciones de forma remota. Para esta labor conté con ayuda de dos consultores de redes y telefonía experimentados, de manera que de forma guiada pude participar al 100 % en cada tarea prevista.

De forma un poco resumida, puedo decir que la totalidad del proyecto ocupó unos 2 meses de trabajo intensivo, más otros 2 meses de correcciones y añadidos que quedaron pendientes. Detallo los pequeños hitos que se iban cumpliendo:

- Preparación individual para el diseño y puesta en marcha.
- Reuniones de planificación con el cliente, reuniones diarias de seguimiento y reuniones extraordinarias de resolución de conflictos o discrepancias en la organización. Diseños iniciales, revisiones y remates posteriores a dichos diseños.
- Inventariado de todos los elementos, tanto físicos como virtuales. Datos de acceso, diagramas de la arquitectura, números de serie, IPs de cada máquina y licencias, localizaciones físicas en los RACs, flujos de servicio con sus protocolos, traducciones de DNS... Se aprovechó la semana que tardaron los equipos en llegar y ser instalados en el cliente para comenzar con estos trabajos. Dichos documentos se fueron actualizando también a medida que se fue avanzando en el proyecto.
- Configuraciones de los equipos. En el Capítulo 4 hablaré más detenidamente de cada elemento y su papel en el entorno, pero de forma resumida podemos decir que el Call Manager (CUCM) y el Contact Center (UCCX) acapararon la mayor parte del tiempo en configuraciones, seguidos muy de cerca por el Session Border Controller (SBC). Durante aproximadamente un mes se estuvieron haciendo configuraciones, en jornada laboral a tiempo completo, con horas extras como medida de urgencia.
- Primera puesta en producción básica. Debido a los plazos tan ajustados, se lanzó a producción el sistema con una funcionalidad básica para “salir del paso”. Posteriormente, se fueron añadiendo más configuraciones, como el sistema de grabación, la redundancia, grupos de salto de llamadas y certificados.

- Pulido de las funcionalidades y resolución de problemas. No hay nada mejor para aprender como tener incidencias y no encontrar las soluciones tras cuantiosas horas de búsqueda y estudio de flujos a bajo nivel. Entre varias incidencias de la integración que había que resolver, estuvimos atascados durante dos semanas tratando de solventar un problema en la aceptación de dígitos de marcado en la locución de bienvenida, también llamada Interactive Voice Response (IVR).
- Como la puesta en producción se hizo para atender a una empresa en concreto, hubo que ir integrando al resto de empresas contratantes del servicio de atención telefónica del cliente.
- A día de hoy se siguen haciendo mejoras y actualizaciones del entorno, pero me centraré en los detalles del proyecto inicial para la presentación de esta memoria.

Capítulo 3

Estado del arte

El aumento del ancho de banda con el paso de los años y la naturaleza actual del “always-on” en términos de constante conectividad a la red, han ido permitiendo a la tecnología VoIP ir tomando su lugar en sustitución a los teléfonos tradicionales. Así mismo, la mejora de la transmisión de paquetes y su fiabilidad en el orden de llegada ha sido un paso importante para su adopción como sistema principal de comunicación en empresas. Este avance ha proporcionado ventajas importantes, como el aprovechamiento del cableado interno de red de datos para el envío de voz, infiriendo en un gasto muy reducido del coste de llamadas o incluso reduciéndolo a cero.

El estándar VoIP consigue un encapsulamiento de la voz para enviarlo por circuitos no conmutados, creando un circuito virtual y aprovechándolo para el envío de múltiples conversaciones paquetizadas y en flujos independientes, pudiendo además aprovechar al máximo los recursos que le ofrece el medio, por ejemplo cuando en una conversación se produce un silencio y esos recursos sobrantes se reutilizan para “alimentar” al resto de flujos activos. No así es el caso de la red de telefonía pública (PSTN), que reserva los recursos y crea un circuito físico punto a punto cuando se establece una llamada y en el tiempo que dura la misma, impidiendo un aprovechamiento eficiente.

En este aspecto, las plataformas internas de telefonía IP conectadas a la red pública para permitir llamadas entrantes y salientes, comunmente llamadas PABX, se han ido expandiendo, convirtiéndose en un elemento imprescindible en muchos casos.

3.1. Tecnologías actuales

La tecnologías más usadas actualmente en telefonía IP son los protocolos SIP (Session Initiation Protocol) y H323, diseñados ambos en 1996.

- **SIP.** Protocolo creado y gestionado por la Internet Engineering Task Force (IETF), organización internacional abierta de normalización. SIP se basa en el establecimiento de llamadas P2P, donde los usuarios o agentes inician la sesión. Su flujo de peticiones es muy similar al de HTTP, y soporta la negociación de parámetros, codificación y y envío de datos por protocolo RTP/RTCP.
- **H323.** Creado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y diseñado, al igual que SIP, para proveer sesiones de comunicación audiovisual a través de la red (RTP). Su funcionamiento es muy parecido al de SIP, pero con pequeñas diferencias.



Figura 3.1: Esquema simple de VoIP

En la actualidad existen cientos de códecs, muchos de ellos propietarios. SIP usa Session Description Protocol (SDP), que define en la cabecera de los mensajes de una conversación SIP todos los códecs soportados, los cuales están identificados por una cadena de caracteres y pueden ser registrados por cualquier persona. Esto hace que SIP pueda funcionar con cualquier códec.

H323 se caracteriza sin embargo por requerir que cada códec esté registrado y estandarizado de forma centralizada, hecho que repercute en pequeñas desarrolladoras y universidades

pues muchos traen propiedad intelectual; no existen los códecs sub-28.8Kb/s gratis que puedan ser usados en un sistema H323. Por todo ello, y gracias a su facilidad de implementación y adaptabilidad a la naturaleza evolutiva de Internet, SIP está ganando gran popularidad, siendo el protocolo de elección en las soluciones de Cisco y Microsoft, entre otros. Además su “interfaz” amigable al lenguaje humano permite hacer *debugging* con mayor facilidad y legibilidad. Ambos protocolos son muy usados no obstante.

| H323 | SIP |
|---|---|
| Extenso, complejo y rígido | Modular, flexible y extensible |
| Buena interoperabilidad por su rigidez | Fácilmente adaptable a nuevas funcionalidades |
| Codificación en binario | Codificación en ASCII |
| Direcciones por <i>host</i> o <i>#tlf</i> | Direcciones por URLs |
| Q.931 sobre TCP | SIP sobre TCP/UDP |

Cuadro 3.1: Comparativa entre SIP y H323

3.1.1. SIP

Tomando como referencia protocolos con un gran recorrido y un buen historial de evolución como HTTP y SMTP, SIP ha basado la lógica de sus flujos de comunicación con una estructura de petición -> respuesta. Este flujo de comunicación Request/Response (Figura 3.2) utiliza los llamados *métodos* SIP, compuestos por un grupo reducido de sencillas cabeceras con nombres muy intuitivos.



Figura 3.2: Comunicación vía SIP entre dos terminales

De forma resumida, se puede decir que las más importantes son:

- **INVITE**. Petición con la que un agente invita a otro a una sesión telefónica.
- **ACK**. Mensaje de respuesta de confirmación de recepción de la petición INVITE.
- **REGISTER**. Registra contra un servidor SIP la dirección listada en la cabecera “To”.
- **BYE**. El cliente corta la conexión.

SIP generalmente trae consigo un protocolo de descripción de sesión, llamado SDP, cuyo propósito es transmitir información acerca de los streams de media para ayudar a los participantes a recolectar información sobre una llamada. Proporciona información acerca de la sesión, como el nombre y propósito de la sesión, información del medio, protocolos, formatos de códec, tiempo e información del transporte. Además, posee una estructura corta y visual con descripción textual, con entradas del tipo `<type> = <value>`.

SDP permite a un participante consultar toda esta información antes de aceptar la invitación, de manera que puede decidir si unirse o no a la llamada, o determinar de qué manera y en qué momento unirse si decide hacerlo.

En la Figura 3.3 se puede ver un ejemplo de flujo SIP entre dos teléfonos IP. Entre ambos endpoints se encuentra un servidor SIP, que se encarga de registrar sus direcciones y reenviar las peticiones si tuviera también el papel de proxy. En este contexto, se pueden distinguir cuatros procesos:

1. Proceso de registro de los agentes contra el servidor SIP para que otros agentes puedan localizarlos. Este proceso se realiza cuando los usuarios encienden su dispositivo, y así se quedan hasta que reciben o realizan una llamada.
2. Proceso de invitación a sesión, el *Tinder* de las comunicaciones VoIP. Agente1 manda la invitación al servidor SIP con la dirección de Agente2 en la cabecera “To:”. El servidor SIP busca dicha dirección en su base de datos y una vez hay match, reenvía la petición a Agente2. Este elemento intermedio envía inmediatamente una respuesta 100 Trying a Agente1 para no comience retransmisiones de la petición INVITE. Si Agente2 acepta la llamada, comienza la transmisión de la petición 180 Ringing, a la que seguirá una respuesta 200 OK. Una vez Agente1 recibe el 200 OK, envía una petición ACK, dando lugar al siguiente proceso.

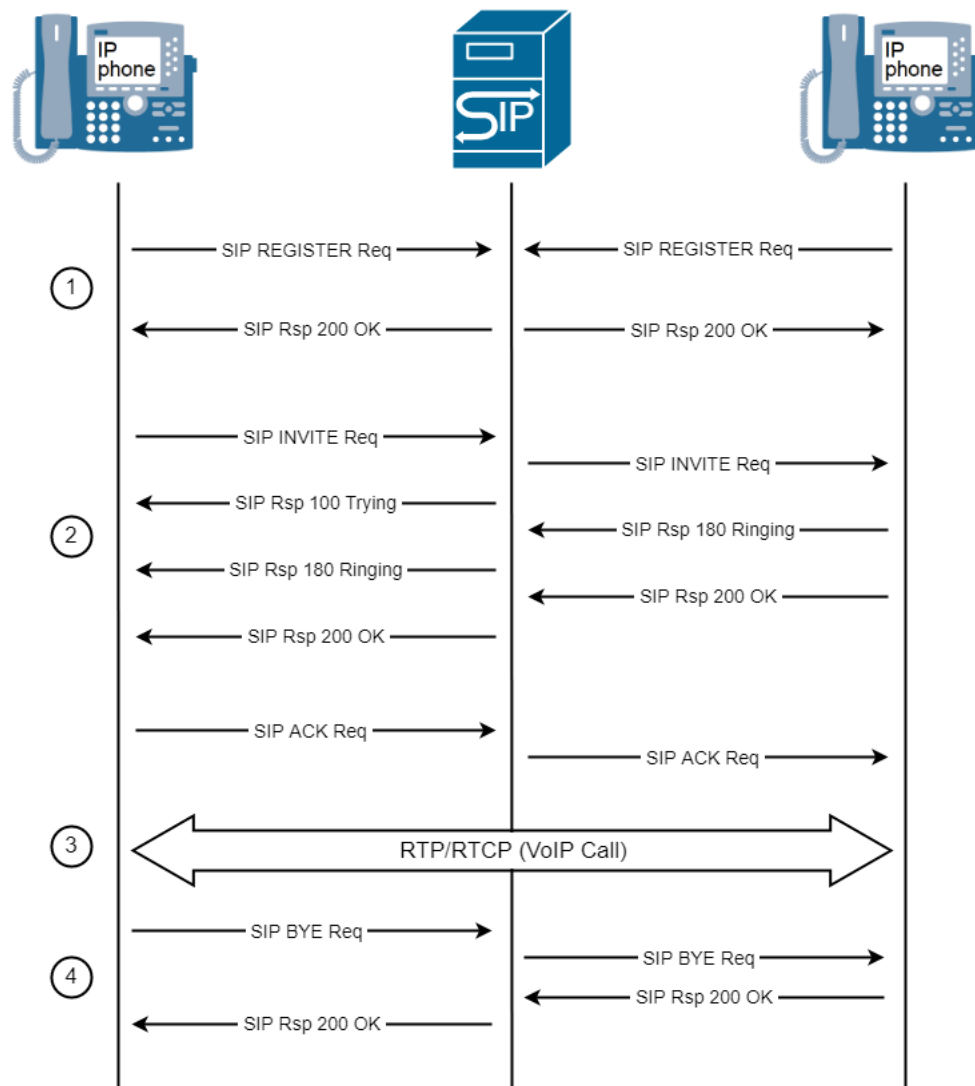


Figura 3.3: Flujo básico SIP

3. Establecimiento de sesión. Comienza la transmisión punto a punto de paquetes vía RTP, ya sea para audio o vídeo. El servidor SIP no tiene cabida en este escenario, pues se ha creado una conversación privada entre los dos usuarios.
4. Cuando un agente desea colgar, envía una petición BYE al servidor, el cual la retransmitirá a Agente2. A Agente2 no le quedará otra que aceptar la finalización de sesión y devolver una respuesta 200 OK, retransmitida a Agente1.

3.1.2. Tecnologías complementarias

Junto a SIP, Cisco usa un protocolo propietario de control de terminal, nombrado Skinny Call Control Protocol (SCCP) comúnmente llamado Skinny, para la comunicación entre el Call Manager y clientes ligeros, tales como los teléfonos IP. Este protocolo fue desarrollado inicialmente por Selsius Corporation, empresa adquirida por Cisco en 1998. La labor de este protocolo ha quedado relegada a una cantidad pequeña de tareas, como la especificación de recursos de media o la comunicación opcional con equipos analógicos.

Actualmente, todos los nuevos teléfonos IP funcionan con SIP.

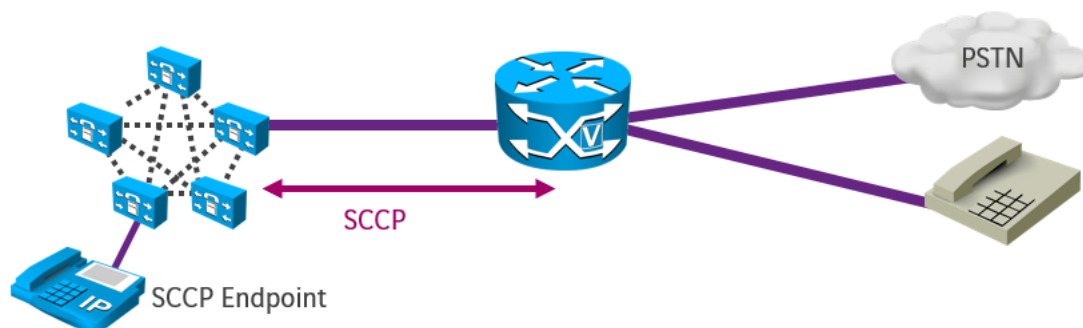


Figura 3.4: Flujo de comunicación por SCCP

Puedes citar libros, como el de Bonabeau et al., sobre procesos estigmergicos [2]. Me encantan los procesos estigmergicos. Deberías leer más sobre ellos. Pero quizás no ahora, que tenemos que terminar la memoria para sacarnos por fin el título. Nota que el ~ añade un espacio en blanco, pero no deja que exista un salto de línea. Imprescindible ponerlo para las citas.

Citar es importantísimo en textos científico-técnicos. Porque no partimos de cero. Es más, partir de cero es de tontos; lo suyo es aprovecharse de lo ya existente para construir encima y hacer cosas más sofisticadas. ¿Dónde puedo encontrar textos científicos que referenciar? Un buen sitio es Google Scholar: <http://scholar.google.com>. Por ejemplo, si buscas por “stigmergy libre software” para encontrar trabajo sobre software libre y el concepto de *estigmergia* (¿te he comentado que me gusta el concepto de estigmergia ya?), encontrarás un artículo que escribí hace tiempo cuyo título es “Self-organized development in libre software: a model based on the stigmergy concept”. Si pulsas sobre las comillas dobles (entre la estrella y el “citado por

...”, justo debajo del extracto del resumen del artículo, te saldrá una ventana emergente con cómo citar. Abajo a la derecha, aparece un enlace BibTeX. Púlsalo y encontrarás la referencia en formato BibTeX, tal que así:

```
@inproceedings{robles2005self,  
  title={Self-organized development in libre software:  
    a model based on the stigmergy concept},  
  author={Robles, Gregorio and Merelo, Juan Juli\'an  
    and Gonz\'alez-Barahona, Jes\'us M.},  
  booktitle={ProSim'05},  
  year={2005}  
}
```

Copia el texto en BibTeX y pégalo en el fichero `memoria.bib`, que es donde están las referencias bibliográficas. Para incluir la referencia en el texto de la memoria, deberás citarlo, como hemos hecho antes con [1], lo que pasa es que en vez de el identificador de la cita anterior (`bonabeau:swarm`), tendrás que poner el nuevo (`robles2005self`). Compila el fichero `memoria.tex` (`pdflatex memoria.tex`), añade la bibliografía (`bibtex memoria.aux`) y vuelve a compilar `memoria.tex` (`pdflatex memoria.tex`)...y *voilà* ¡tenemos una nueva cita

También existe la posibilidad de poner notas al pie de página, por ejemplo, una para indicarte que visite la página del GSyC¹.

¹<http://gsyc.es>

Capítulo 4

Diseño e implementación

De acuerdo a los contratos legales establecidos entre mi empresa (ejecutora del proyecto) y el cliente (receptora), no me está permitido hacer una reproducción de la solución con un detalle exacto, pero sí puedo definir de forma aproximada una arquitectura funcional similar, intentando reflejar todas mis tareas ejecutadas durante la instalación.

4.1. Arquitectura general

En la figura 4.1 se muestra un esquema simplificado de la solución, presentando 4 zonas delimitadas.

Empezando desde arriba, la primera zona representa la red pública de telefonía (PSTN), desde la que una persona puede realizar una llamada desde su teléfono móvil o fijo al número de atención al cliente definido para la entrada al sistema. También tenemos una pequeña nube representando el *Business to Business*, que en este caso son empresas con su propia red de telefonía privada conectadas a la solución de este proyecto mediante un elemento intermedio de control de fronteras: el SBC.

En la segunda zona, sobrepasando el primer borde de control, podemos diferenciar dos capas imaginarias:

- Capa de conectividad, donde están ubicados el Gateway de voz y el SBC, ambos elementos físicos. Sus funciones serán enrutar las llamadas hacia la PSTN (a través del Gateway) y enviar las llamadas a los clientes ubicados en las redes privadas de los clientes (a través del SBC).

- Capa de servicios, donde se encuentran los servidores físicos que almacenan las máquinas virtuales de estos elementos. Sus funciones serán aplicar, entre otras, toda la lógica de gestión de llamadas entrantes y salientes, la configuración necesaria de interconexión entre máquinas o las grabaciones de usuarios. El elemento más importante aquí es el Call Manager, que interactúa directamente con el resto de elementos.
- En la tercera zona, delimitada por dos firewalls y llamada también Zona Desmilitarizada (DMZ), se encuentra un servidor proxy propietario de Cisco con funciones especiales, ya que es el elemento que hace posible el login a la plataforma desde ubicaciones externas a la red privada por parte de los agentes. Esta zona está especialmente diseñada para alojar proxys en su interior, pues tiene la característica de permitir tráfico hacia el exterior pero bloquearlo hacia la red interna. Podría decirse que es como el jardín de una casa, donde se pueden colocar ciertos objetos, pero los de mayor valor se guardan dentro.
- Por último, al otro lado del firewall externo, se encuentra la red de Internet. Los agentes se encuentran en esta zona y hacen login a la plataforma desde su domicilio o desde su oficina de trabajo.

4.2. Diagrama general

Los elementos implicados en la solución son los siguientes:

- **Call Manager.** Al ser una solución redundada, necesitará tener un elemento *master* y otro *slave*.
- **Cisco Unified Presence.** Servidores de presencia, serán *slaves* del Call Manager *master*.
- **Jabber.** Cliente Cisco para llamadas, videoconferencias, mensajería y compartición de escritorio.
- **Contact Center.** Servidor UCCX que aloja el aplicativo Finesse. Consta de varios nodos al estar geográficamente redundado.
- **Proxy.** Gateway para enrutamiento de llamadas desde internet al Call Manager. Se usa también para habilitar la funcionalidad MRA (Mobile and Remote Access).

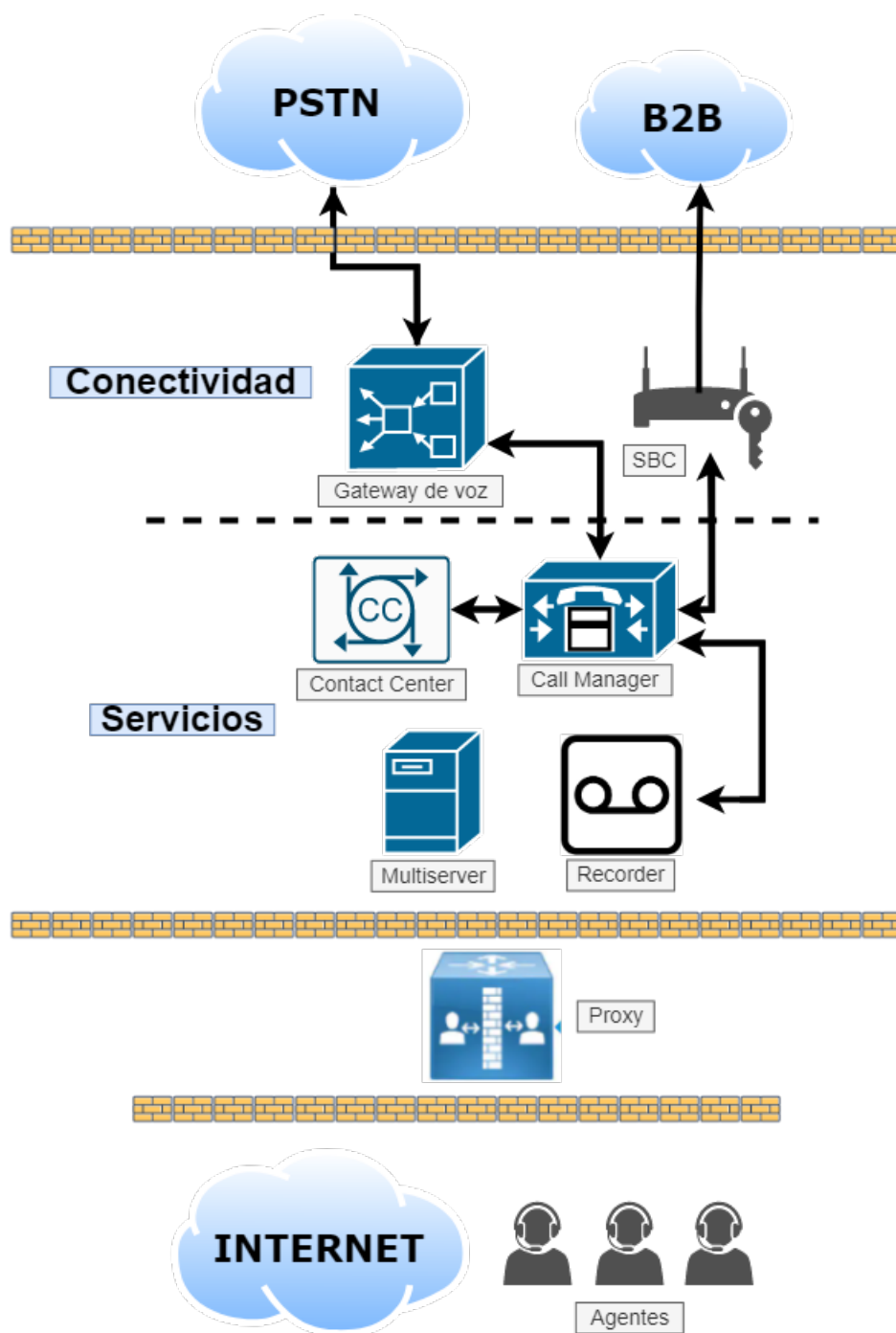


Figura 4.1: Diseño a alto nivel de la arquitectura montada

4.3. Diagrama de flujo

En el siguiente diagrama, se muestra el flujo básico que siguen los dos tipos posibles de llamadas (tanto salientes como entrantes):

1. Un **cliente externo** hace una llamada al número de atención telefónica. El proveedor enruta la llamada al gateway, que la redirige al Call Manager. En este momento, suceden varios flujos de ejecución:
 - El Call Manager consulta con el Contact Center los agentes disponibles, el cual hace una asignación basada en ciertos criterios de la empresa, en conjunto con las opciones marcadas por el cliente en la locución de bienvenida si la hubiese (IVR o *Interactive Voice Response*).
 - Comienza la comunicación entre la grabadora y el Call Manager, que acuerdan el inicio de la grabación en cuanto el agente descuelgue el teléfono y se establezca conexión, iniciando el tráfico RTP punto a punto.

En caso de sentido contrario de llamada el agente marcará la numeración telefónica de un cliente externo, lo que provocará que el call manager enrute la llamada al gateway y éste la saque por el acceso primario al proveedor. En este momento, el proveedor consultará sus tablas de numeración y enlazará la llamada con el destino.

2. Un **trabajador de una empresa** a la que da soporte esta solución llama al servicio técnico. El Call Manager de esa misma empresa enruta la llamada hacia el extremo de su red, a través del cual se conecta con nuestro elemento de borde, el SBC. Dicho SBC enruta la llamada por medio de un SIP Trunk hacia nuestro Call Manager. En este momento, suceden los mismos flujos que en la anterior casuística en relación al Call Manager:

- Asignación de agente mediante Contact Center.
- Grabación de llamada a través de la grabadora al comienzo de la conversación.

En caso de sentido contrario de llamada el agente marcará la numeración telefónica del trabajador, lo que provocará que el call manager enrute la llamada al SBC y este conecte con el Call Manager de la otra empresa. A partir de ahí el flujo es opaco a nosotros, pero se supone que la lógica será igual o parecida a la nuestra.

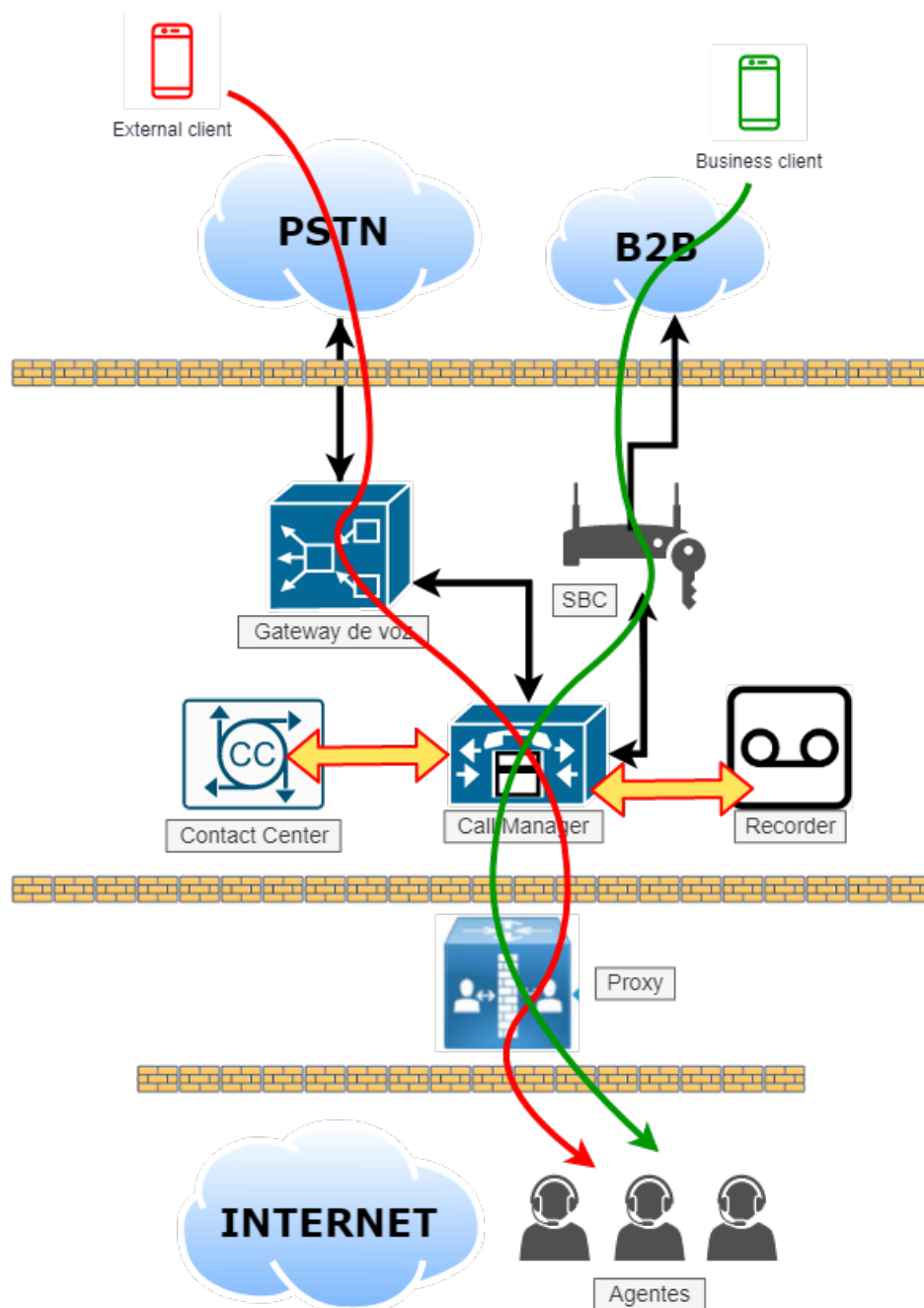


Figura 4.2: Diagrama de flujo SIP general

4.4. Configuración de los componentes

4.4.1. Virtualización

Los servidores físicos se configuraron inicialmente con los ajustes de red básicos, que son la IP, la máscara de subred y el gateway. Sobre esta capa de configuración, está instalado el aplicativo de virtualización llamado VMWare.

VMWare es una solución basada en el acceso a un escritorio remoto que permite a los usuarios ejecutar máquinas virtuales. Se trata de un sistema que permite operar con software, emulando a un sistema físico (un computador, un hardware, etc.). Esta plataforma permite dividir un único servidor físico en múltiples máquinas virtuales.

Se utilizan funciones especiales en CPU x86 de 64 bits modernas para crear máquinas virtuales seguras y completamente aisladas que encapsulan un sistema operativo y sus aplicaciones. La capa de virtualización de VMware asigna los recursos de hardware físicos a los recursos virtuales de la máquina virtual, por lo que cada máquina virtual cuenta con una CPU, una memoria, unos discos y unos dispositivos de E/S propios, y equivale en su totalidad a una máquina x86 convencional. VMware Workstation, que es el hipervisor de escritorio, se ha instalado en el sistema operativo host. Con ello se consigue una amplia compatibilidad de hardware al heredar del host la conciliación con los dispositivos.

En la Figura 4.3 se presenta el aspecto de la interfaz del aplicativo con varias de las máquinas virtuales instaladas y parte de la información sensible oculta.

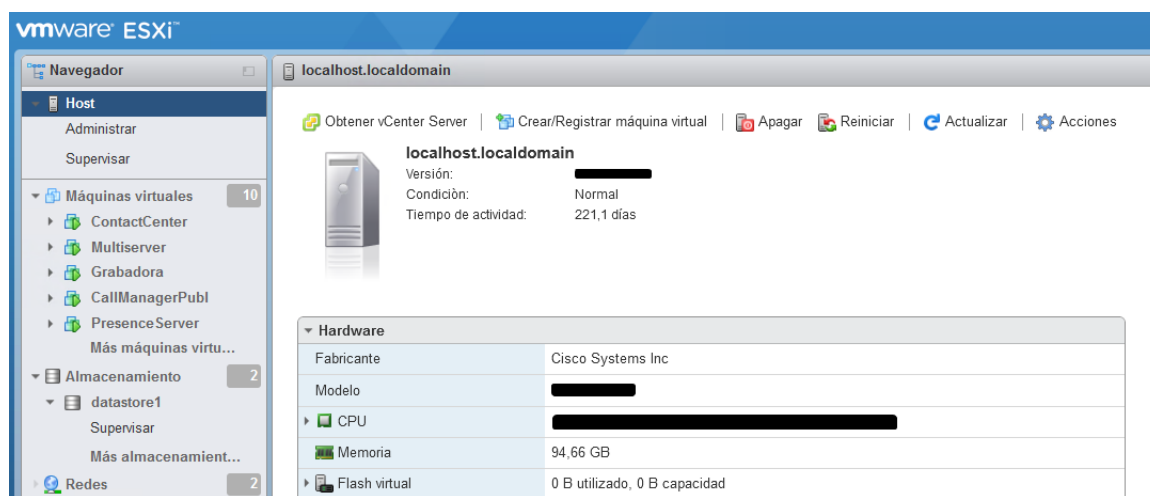


Figura 4.3: Interfaz web de VMWare

4.4.2. Multiserver

Hay varias gestiones y configuraciones necesarias para complementar la solución que no se pueden hacer únicamente desde los equipos de Cisco, por lo que hubo que instalar servidores Windows y CentOS para llevarlas a cabo. Dichos servidores están representados en el esquema general de la arquitectura como el Multiserver.

Servicios que han sido desplegados:

- **DNS.** Para el despliegue de este servicio se ha optado por Windows Server. Dicho SO dispone de una herramienta llamada Server Manager, que permite la instalación y configuración de un DNS propio de Microsoft (Figura 4.4). Tras seguir los pasos y finalizar la instalación, se procedieron a crear las zonas de búsqueda y los registros con los nombres que se asociaron a cada máquina virtual, también llamados FQDN (Fully Qualified Domain Name). A través de esos nombres se podrá acceder a la interfaz de gestión web de las máquinas que lo tengan habilitado. Por ejemplo, si al Call Manager se le ha asociado la FQDN “vmcucm” (Figura 4.5), el acceso a la gestión web de esa máquina será <https://vmcucm.dominio.es>. Aunque en este caso fue instalado y configurado de cero, es habitual que el DNS lo proporcione la empresa en la que se hace la instalación.
- **Certificate Authority (CA).** Una Autoridad de certificación es una entidad de confianza, responsable de emitir y revocar los certificados digitales. Un certificado es un archivo que contiene el nombre del titular del certificado, la clave pública y la firma digital de la autoridad certificadora que emite el certificado, que prueba la identidad del propietario del certificado. Mediante dichos documentos, los distintos elementos de la solución confiarán entre ellos al validar sus identidades y la comunicación será segura. Esta CA se ha configurado en un SO CentOS, que es una distribución de Linux de código abierto. Los certificados están diseñados para que caduquen cada cierto tiempo, especificado a la hora de firmarlo desde la CA. Antes de que caduque un certificado, habrá que renovar su autorización con la misma entidad, o con una diferente de confianza.
- **Cliente Windows.** Como el entorno no tiene conexión con el exterior, se necesita una herramienta para el análisis y *troubleshooting*. Para ello se ha instalado una máquina virtual con Windows 10, que dispone también de un cliente de jabber y software adicional para el análisis del tráfico SIP. De esa manera se pueden hacer llamadas de prueba de

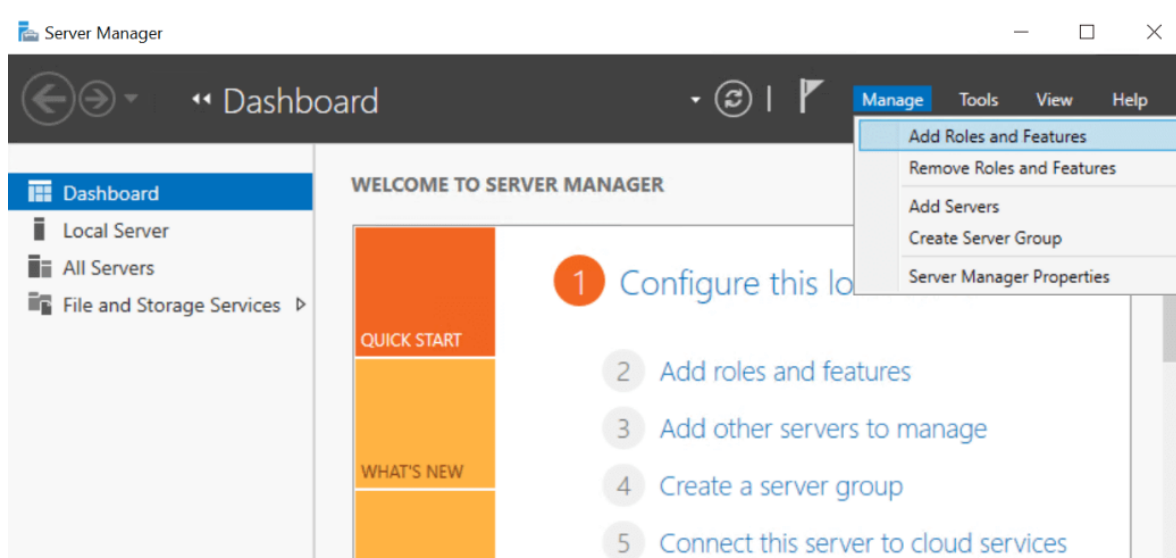


Figura 4.4: Creación de DNS en Server Manager

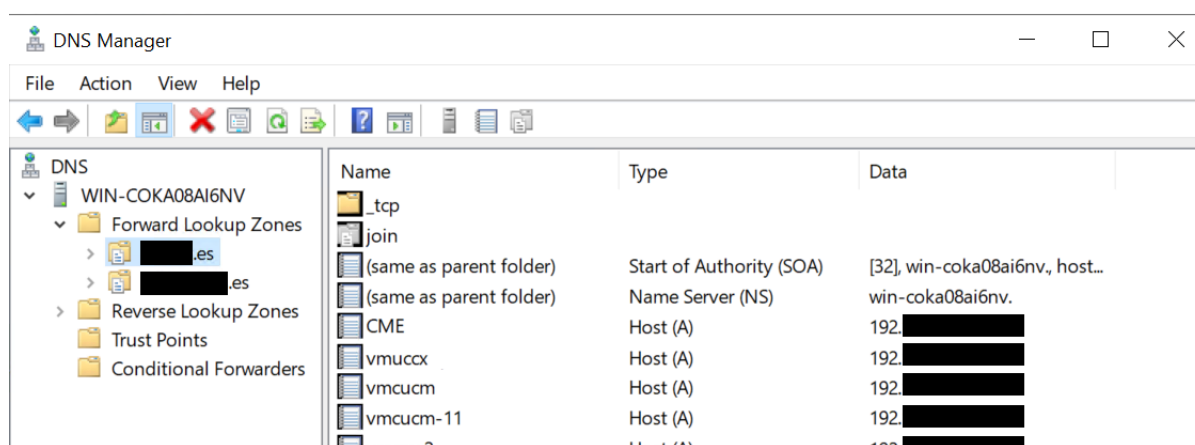


Figura 4.5: Ejemplo de registros en el DNS

forma interna, capturar paquetes o instalar herramientas de Cisco como el Real Time Monitoring Tool (RTMT), que sirve para ver y exportar los logs del Call Manager y Contact Center.

4.4.3. Grabadora

Se ha instalado un software de terceros que se integra con la solución de colaboración de Cisco, y que tiene acceso vía web. El panel de la grabadora proporciona una descripción completa de las llamadas por día, la duración promedio de las llamadas, las llamadas activas actuales, etc. Dicha interfaz almacena estadísticas muy detalladas (figuras 4.6, 4.7 y 4.8) que pueden

ser utilizadas para una exportación con criterios de búsqueda muy ajustados.

Por ejemplo, en la figura 4.9 está programada una búsqueda que aúna tres criterios: que las llamadas sean posteriores al 1 de junio de 2022, que superen los 10 minutos de duración y que sean entrantes. De esa manera, podemos localizar a los agentes que se estén excediendo del tiempo límite y darles una colleja. Estas combinaciones para las búsquedas pueden guardarse con un nombre identificativo y ahorrar mucho tiempo y trabajo en posteriores aplicaciones del mismo filtro.

Dashboard

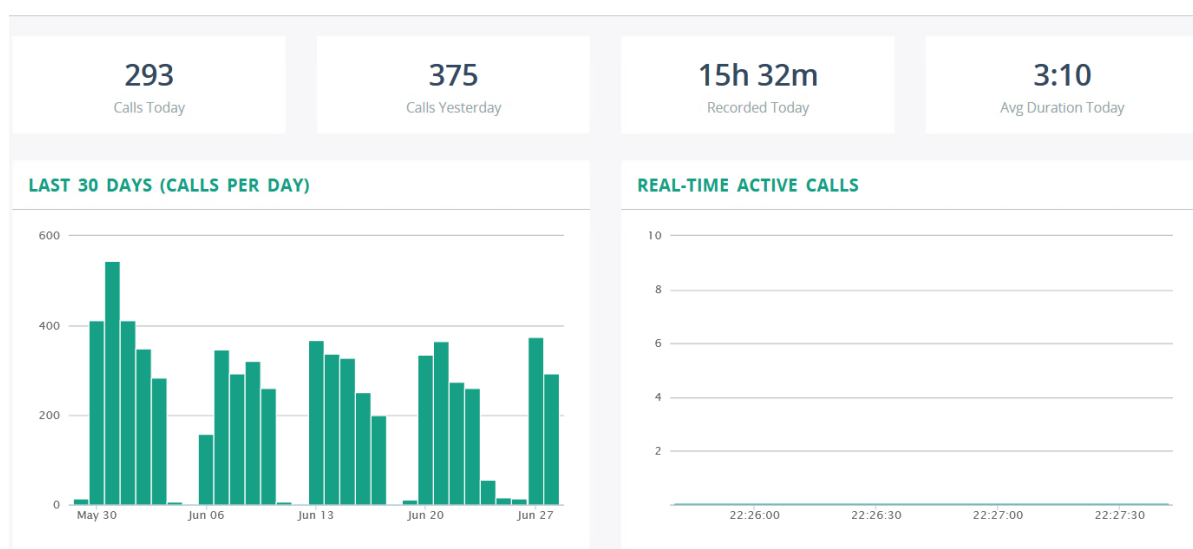


Figura 4.6: Panel de resumen de la grabadora

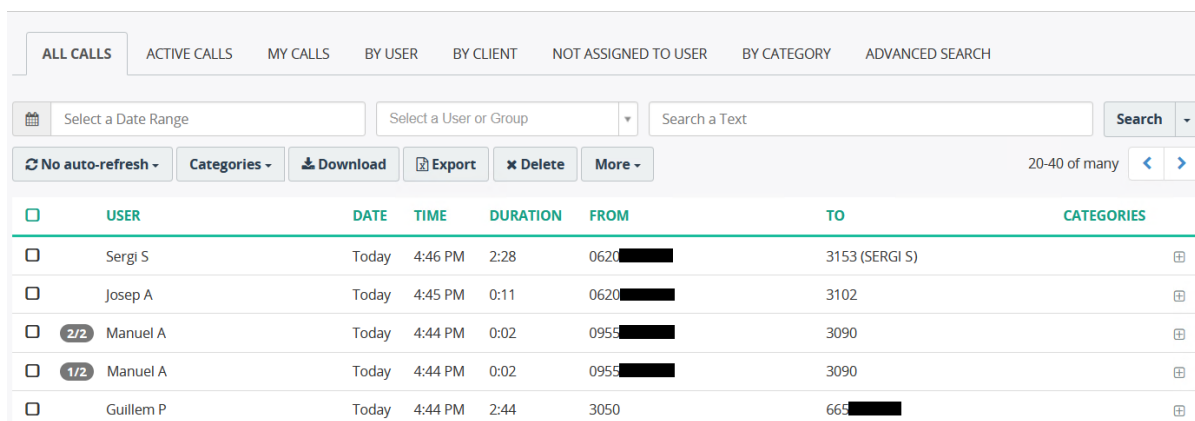
Instalación

La instalación se ha realizado mediante una plantilla OVA, que es una máquina virtual pre-instalada con sistema operativo definido (CentOS) y el software de grabación de llamadas. Esta plantilla es la solución ideal para este contexto, ya que su descarga es rápida al encontrarse comprimida y es fácil de importar al entorno de VMWare. Al no disponer de enlaces de descarga, se ha adquirido mediante petición al fabricante desde su página web.

Configuración

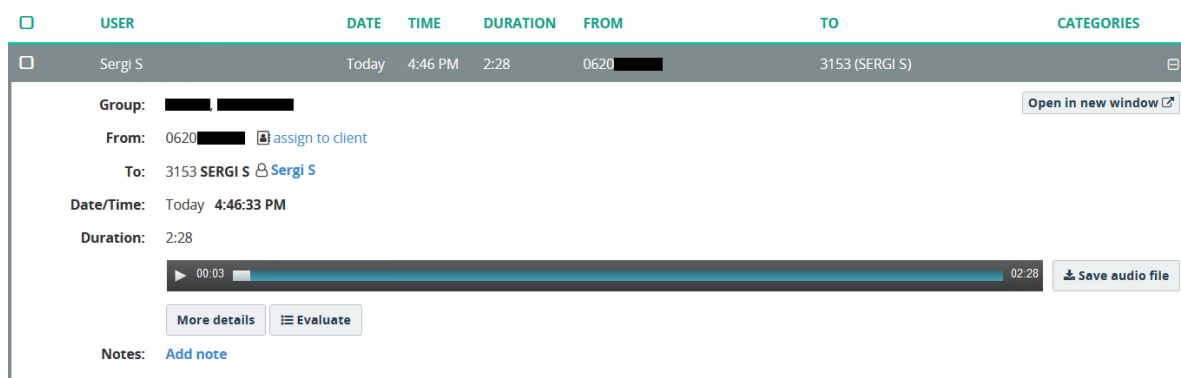
Se pueden separar las configuraciones realizadas en dos partes:

Recordings



| ALL CALLS | | | | | | | |
|--|--------------|------------------------|---------|---------------|-----------------|----------------|------------|
| ACTIVE CALLS MY CALLS BY USER BY CLIENT NOT ASSIGNED TO USER BY CATEGORY ADVANCED SEARCH | | | | | | | |
| Select a Date Range | | Select a User or Group | | Search a Text | | Search | |
| No auto-refresh Categories Download Export Delete More | | | | | | | |
| 20-40 of many | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | USER | DATE | TIME | DURATION | FROM | TO | CATEGORIES |
| <input type="checkbox"/> | Sergi S | Today | 4:46 PM | 2:28 | 0620 [REDACTED] | 3153 (SERGI S) | |
| <input type="checkbox"/> | Josep A | Today | 4:45 PM | 0:11 | 0620 [REDACTED] | 3102 | |
| <input type="checkbox"/> | 2/2 Manuel A | Today | 4:44 PM | 0:02 | 0955 [REDACTED] | 3090 | |
| <input type="checkbox"/> | 1/2 Manuel A | Today | 4:44 PM | 0:02 | 0955 [REDACTED] | 3090 | |
| <input type="checkbox"/> | Guillem P | Today | 4:44 PM | 2:44 | 3050 | 665 [REDACTED] | |

Figura 4.7: Aspecto de la interfaz de visualización de grabaciones



| <input type="checkbox"/> | USER | DATE | TIME | DURATION | FROM | TO | CATEGORIES |
|--------------------------|---------|-------|---------|----------|-----------------|----------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | Sergi S | Today | 4:46 PM | 2:28 | 0620 [REDACTED] | 3153 (SERGI S) | |

Group: [REDACTED]

From: 0620 [REDACTED] [assign to client](#)

To: 3153 SERGI S [Sergi S](#)

Date/Time: Today 4:46:33 PM

Duration: 2:28

00:03 02:28

[Save audio file](#)

[More details](#) [Evaluate](#)

Notes: [Add note](#)

Figura 4.8: Detalle de una grabación específica

1. Configuraciones en la GUI del software vía web. Desde este lado se han añadido los agentes de forma manual, los grupos a los que pertenece cada uno, los roles, los supervisores, el licenciamiento y los ajustes de almacenamiento y codificación.
2. Configuraciones del lado del Call Manager. Se ha habilitado un SIP Trunk directo hacia la grabadora, se ha configurado un perfil de seguridad SIP, un perfil SIP, un perfil de grabacion y un patrón de rutas que apunta a la grabadora.

4.4.4. Call Manager

Cisco mediante Call Manager permite una gestión de los perfiles de usuario *end-point* y de los derechos basados en éstos para diversos grupos, departamentos y divisiones, gestionados por usuarios administradores.

Figura 4.9: Ejemplo de búsqueda con criterios

4.4.5. Contact Center

4.4.6. Gateway

El proveedor de telefonía ha provisto de un enlace Primario o E1 con un ancho de banda total de 2048Kbps, que consta de 32 canales E0 a 64Kbps, debido a la codificación G.711, también llamada PCM analógica a digital. De esos 32 canales, 2 son para señalización y 30 están destinados a datos. Esta velocidad de 64K parte del criterio de Nyquist, en donde se formula que para recuperar de forma digital una señal analógica y muestrearla correctamente debemos hacerlo a una tasa dos veces superior al ancho de banda. Con un ancho de banda de la señal analógica de 4KHz se debe muestrear a 8KHz, que usando 8 bits por muestra da el resultado de 64Kbps.

La frecuencia máxima (banda en frecuencia limitada) en una señal analógica $x_a(t)$ podemos denominarla como F_{max} o B . Si la señal se muestrea a una tasa mínima del doble de esa frecuencia, entonces $F_s \geq 2B$.

Para la multiplexación de la señal, la técnica más utilizada en la actualidad, especialmente en la transmisión de sistemas digitales, es la multiplexación por división de tiempo (TDM en inglés). Mediante esta técnica, se asignan ranuras o *slots* de tiempo a cada trama de las señales originarias (figura 4.10). Este tipo de asignación fija no es la mejor forma de aprovechar el espectro disponible, ya que si una señal no está enviando datos durante un tiempo determinado (silencio), se están desperdiciando ranuras. Sin embargo, este inconveniente no sucede en el mundo digital, donde el total del ancho de banda se reasigna de forma dinámica en los recursos que lo necesiten.

En este contexto, el Gateway de voz es un elemento imprescindible para el funcionamiento

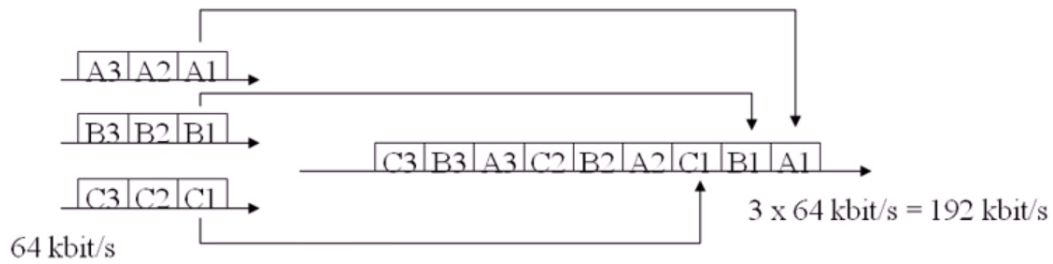


Figura 4.10: Ejemplo de multiplexación TDM

de un sistema de Voz IP con conexión a la red pública, pues es el responsable de hacer la traducción entre el mundo interno digital y el externo analógico a través de sus puertos FXO (*Foreign eXchange Office*). Su trabajo es convertir la señal analógica multiplexada en TDM, a una paquetización para el envío a través de una red IP. De forma análoga, un gateway también realiza el proceso contrario: convierte los paquetes digitales a tráfico TDM para transportarlos a través de la PSTN.

Para esta labor, la reconstrucción de la señal analógica es matemáticamente posible a partir de las muestras de la señal digital. Se realiza un sumatorio de todas las muestras y, mediante una función de interpolación que define la naturaleza del sistema interpolado, se obtiene la siguiente ecuación:

$$x_a(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_{(n)} i(t - nt_s)$$

Donde $x_{(n)}$ es la función discreta, e $i(t - nt_s)$ es la función de interpolación que define el desfase de cada impulso.

Existen dos gateways redundados geográficamente, los cuales disponen de una conexión E1 independiente contra el proveedor telefónico. En el momento en el que se realiza una llamada entrante al sistema, el proveedor posee dos alternativas para la entrega de la llamada a los gateways:

1. **Activo/Activo**, configuración que envía las llamadas por ambos gateways simultáneamente. Bajo ciertos criterios de decisión, como por ejemplo la carga de llamadas en cada localización o la congestión existente en el par de cobre, el proveedor decidirá balancear las llamadas y entregarlas a uno u otro.
2. **Activo/Pasivo**, lógica que entrega las llamadas siempre al mismo gateway. En el momento en que haya una caída y no responda, su sistema de *health check* descubrirá que la

conexión con el primer gateway está caída, por lo que comenzará a enrutar las llamadas hacia el segundo. Este cambio de enrutamiento debería llevarse a cabo idealmente en apenas unos segundos.

En el caso que mencionaba al inicio de este subcapítulo, hablaba del uso de G.711 en los canales previos a la multiplexación, pues es uno de los estándares de la ITU-T más usados en telefonía. Sin embargo, cada red privada tiene a su disposición la elección de códec destinado a sus comunicaciones internas, lo que puede provocar disconformidad a la hora de enrutar llamadas al exterior o a otras redes privadas. Para solventar este inconveniente, el gateway es capaz también de realizar una transcodificación de la señal entrante y adaptarla al medio de destino, de manera que ambos extremos hablen el mismo “idioma”. Dicha transcodificación no ha sido necesaria entre nuestra red privada y la PSTN al utilizar ambos la misma codificación, sin embargo si ha sido imperativa su implementación para la comunicación con los entornos de las otras empresas separadas por el SBC, aunque es éste el que se encarga en este caso de realizar dichas transcodificaciones.

4.4.7. Session Border Controller

La seguridad de los entornos empresariales es un factor indispensable a la hora de planear una arquitectura que abra sus puertas a conexiones externas, es por ello que los firewalls son elementos necesarios en estas soluciones. Sin embargo, su operatividad está basada en NAT, algo incompatible con el tráfico VoIP. Para solventarlo, existen unos elementos llamados SBC, que

Capítulo 5

Experimentos y validación

Este capítulo se introdujo como requisito en 2019. Describe los experimentos y casos de test que tuviste que implementar para validar tus resultados. Incluye también los resultados de validación que permiten afirmar que tus resultados son correctos.

Capítulo 6

Resultados

En este capítulo se incluyen los resultados de tu trabajo fin de grado.

Si es una herramienta de análisis lo que has realizado, aquí puedes poner ejemplos de haberla utilizado para que se vea su utilidad.

Capítulo 7

Conclusiones

7.1. Consecución de objetivos

Esta sección es la sección espejo de las dos primeras del capítulo de objetivos, donde se planteaba el objetivo general y se elaboraban los específicos.

Es aquí donde hay que debatir qué se ha conseguido y qué no. Cuando algo no se ha conseguido, se ha de justificar, en términos de qué problemas se han encontrado y qué medidas se han tomado para mitigar esos problemas.

Y si has llegado hasta aquí, siempre es bueno pasarle el corrector ortográfico, que las erratas quedan fatal en la memoria final. Para eso, en Linux tenemos *aspell*, que se ejecuta de la siguiente manera desde la línea de *shell*:

```
aspell --lang=es_ES -c memoria.tex
```

7.2. Aplicación de lo aprendido

Aquí viene lo que has aprendido durante el Grado/Máster y que has aplicado en el TFG/TFM. Una buena idea es poner las asignaturas más relacionadas y comentar en un párrafo los conocimientos y habilidades puestos en práctica.

1. a
2. b

7.3. Lecciones aprendidas

Aquí viene lo que has aprendido en el Trabajo Fin de Grado/Máster.

1. Aquí viene uno.
2. Aquí viene otro.

7.4. Trabajos futuros

Se puede integrar un motor de transcripción de audio en el recorder. Se puede hacer una configuración en HA de los gateways, para que las llamadas activas no se caigan. diferencias entre georedundancia y HA.

Apéndice A

Manual de usuario

Esto es un apéndice. Si has creado una aplicación, siempre viene bien tener un manual de usuario. Pues ponlo aquí.

Bibliografía

- [1] E. Bonabeau, M. Dorigo, and G. Theraulaz. *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. Oxford University Press, Inc., 1999.
- [2] I. Cisco Systems. *VII - Cisco Video Infrastructure Implementation*. Cisco Systems, 2018.