

Clasificación de las tecnologías de acceso remoto para el teletrabajo en PYME

Classification of remote access technologies for teleworking in SMEs

Víctor Miguel Cuchillac

Máster en Informática Aplicada a Redes de la Universidad Francisco Gavidia
Ingeniero en Electrónica, por la Universidad Don Bosco, El Salvador
Investigador en Ingeniería y Tecnología, en el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación
de la Universidad Francisco Gavidia, El Salvador
vcuchillac@ufg.edu.sv
<https://orcid.org/0000-0002-2822-1177>

Fecha de recepción: 08 de septiembre de 2021
Fecha de aprobación: 24 de enero de 2022
DOI:

RESUMEN

Dado lo abrupto del confinamiento ocurrido en 2020 provocado por la pandemia COVID-19, muchas organizaciones tuvieron que suspender sus actividades, salvo aquellas que contaban con una infraestructura tecnológica o con los recursos informáticos que permitieran el teletrabajo. También en respuesta a esta situación, se da una eclosión de nuevas tecnologías para facilitar el acceso a los recursos informáticos de las organizaciones (bases de datos, aplicativos contables, *software* de gestión de procesos, etc.), dificultando así la selección de las mejores opciones para las micro y pequeñas empresas, las cuales poseen un presupuesto menor para la inversión en tecnología, y poco personal bien capacitado para evaluar las tecnologías e implementar la más conveniente a la organización.

En ese contexto, esta investigación busca: proveer las pautas para que una empresa pueda implementar el acceso remoto como una estrategia al teletrabajo, y crear una clasificación de los esquemas disponibles para el acceso a los recursos informáticos de la organización que facilite la selección del mejor esquema. Para lograr esto, se listaron varias tecnologías recomendadas por los estudiantes de la Maestría en Informática Aplicada a Redes, y se crearon listas de características o parámetros para la evaluación de las tecnologías seleccionadas. Posteriormente se crearon escenarios de prueba por los egresados de la carrera en Ingeniería en Sistemas y Computación.

Como resultado, se listan las consideraciones que las PYME deben tener a la hora de implementar tecnologías para el teletrabajo, y una clasificación de cinco esquemas o modelos tecnológicos para el acceso a los equipos o las aplicaciones que se encuentran dentro de la organización, proponiendo además las tecnologías para micro, pequeñas y medianas empresas salvadoreñas.

Palabras clave: teletrabajo, tecnologías para el acceso remoto, acceso remoto.

ABSTRACT

Given the abruptness of the 2020 confinement caused by the COVID-19 pandemic, many organizations had to suspend their activities, except for those that had a technological infrastructure or computer resources that allowed teleworking. Also in response to this situation, there is an explosion of new technologies to facilitate access to the computer resources of organizations (databases, financial applications, process management software, etc.) making it difficult to select the best options for micro and small companies, which have a smaller budget for investment in technology and few well-trained personnel to evaluate technologies and implement the most convenient for the organization.

In this context, this research seeks to: provide guidelines so that a company can implement remote access as a teleworking strategy and create a classification of available schemes for access to the organization's computer resources that facilitates the selection of the best scheme. To achieve this, several technologies recommended

by the students of the Master in Computing Applied to Networks were listed and a lists of characteristics or parameters were created for the evaluation of the selected technologies. Subsequently, test scenarios were created by graduates of the Systems and Computing Engineering degree.

As a result, the considerations that SMEs should have when implementing technologies for teleworking and a classification of five schemes or technological methods for access to equipment or applications that are within the organization are listed, proposing in addition, technologies for micro, small and midle salvadoran companies.

Keywords: *telework, technologies for remote access, remote access.*

Introducción

La pandemia COVID-19 impactó de forma directa los procesos que las empresas realizan y generó un uso más intensivo o, en algunos casos, una dependencia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), para que los empleados continuaran laborando. En el argot de las TIC, se utiliza el concepto remoto para indicar la conexión digital de un usuario hacia un equipo o sistema informático que generalmente se encuentra en otra red de computadoras. También se concibe el concepto de acceso remoto como el servicio (o capacidad), que provee un equipo informativo para permitir trabajar directamente como si la persona estuviera frente a dicho equipo.

En el contexto de la pandemia COVID-19, durante el confinamiento las organizaciones tuvieron que realizar muchas tareas en la modalidad teletrabajo para continuar operando, lo cual presentó desafíos en el área legal, la logística, en el uso de las tecnologías para habilitar el acceso a los colaboradores, etcétera; si bien es cierto que asimilar y comprender los aspectos legales del teletrabajo es cuestión de horas, la selección e implementación de tecnologías para el teletrabajo no es tan fácil y requiere mucho más tiempo. Esto porque existe una eclosión de diferentes tecnologías, y hay poca información que las compare para contextos salvadoreños, en especial para la Pequeñas y Medianas Empresas (PYME).

Las actividades que realizan los colaboradores dentro de una organización algunas dependen del uso de computadoras y aplicaciones digitales, otras de maquinaria específica, y algunas otras no ocupan ni computadoras ni máquinas. Este trabajo está circunscrito dentro de las tecnologías digitales que permiten el acceso remoto a teletrabajadores, para utilizar los recursos informáticos que utilizan dentro de la organización; esto como una estrategia de continuidad de actividades laborales cuando existen confinamientos.

A continuación, se definirán dos conceptos claves en la fundamentación de este documento, el primero es la definición del teletrabajo, y el segundo es una breve descripción del tipo de aplicaciones que suelen utilizar los colaboradores de una organización salvadoreña.

El teletrabajo

Acorde a la Organización Internacional del Trabajo (OIT), existen diferentes conceptos relacionados con la ubicación física en la cual un empleado realiza las tareas del puesto que desempeña; algunos conceptos si están bien definidos y otros son más incluyentes (Organización Internacional del Trabajo, 2020, págs. 5-8), y las tres clasificaciones más utilizadas por la OIT se resumen a continuación:

- a. Trabajo a distancia:** cuando el empleado desarrolla sus tareas en instalaciones que no pertenecen al empleador. Verbigracia en el área tecnológica se puede dar cuando el empleado da soporte informático dentro de las instalaciones de una empresa cliente del empleador.

- b. Teletrabajo:** cuando el empleado realiza sus tareas utilizando tecnología digital fuera de las instalaciones del empleador. Ejemplo, cuando se utilizan dispositivos como computadoras personales, dispositivos móviles y el *software* específico para establecer comunicación y flujos de trabajo con la empresa.
- c. Trabajo a domicilio:** este tipo si está bien definido por la OIT, y comprende a los trabajadores que utilizan principalmente su domicilio privado como lugar de trabajo.

En El Salvador el concepto teletrabajo se ha definido en la Ley de Regulación del Teletrabajo de la siguiente manera:

Es una forma de organizar y realizar el trabajo de manera no presencial ya sea total o parcialmente, por un tiempo determinado o indefinido, fuera del establecimiento o centro de trabajo, pudiendo ser en el domicilio del trabajador o en un lugar ajeno al empleador y utilizando como soporte las tecnologías de la información y la comunicación. (Órgano Legislativo, 2020, *pág. 2*).

Existe mucha literatura técnica en la Internet que utiliza de manera indistinta las tres clasificaciones expresadas anteriormente, para indicar las actividades que realiza el trabajador fuera de las instalaciones del empleador cuando usa el acceso remoto. Tatsiana Ushakova expresa que en determinados contextos no afecta el intercambio de estos conceptos, pero que cada uno posee un paradigma propio (Ushakova, 2017, *pág. 2*); en el trabajo a distancia se pone de manifiesto que las actividades se hacen remotamente¹, en el teletrabajo se resalta el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y en el trabajo a domicilio las actividades son realizadas en el domicilio personal del empleado.

Dentro de la Ley de Regulación del Teletrabajo se define una extensión de las obligaciones y prohibiciones del empleador y de los teletrabajadores, determinadas en la Ley de Trabajo (artículos 29, 30, 31 y 32). Que para poder ser cumplidas es necesario contar con la capacitación de los teletrabajadores y la estrategia tecnológica para proveer los recursos informáticos necesarios. Por ejemplo, dentro de las obligaciones del empleador, el artículo 9 menciona que el salario del teletrabajador aun “cuando no reciba las herramientas o los programas necesarios para realizar las labores”, si por “caso fortuito o fuerza mayor el teletrabajador se encuentre inhabilitado de desarrollar sus labores”, si el equipo proporcionado por el empleador esté dañado por causas ajenas al teletrabajar y este lo haya reportado al menos en un plazo no mayor a cuatro horas. (Ley de Regulación del Teletrabajo, 2020, *págs. 6,7*).

En el caso de las obligaciones de los teletrabajadores definidas en el artículo 10, entre otros se define que debe “Mantenerse a disposición del empleador durante la jornada de trabajo y en el horario de labores establecido en el contrato”, “Conservar y restituir en buen estado los equipos, herramientas, programas, aparatos, dispositivos, plataformas u otros mecanismos que le hubiere entregado el empleador para realizar

¹ La Real Academia Española define remoto como un adjetivo para indicar muy lejano.

las actividades convenidas, salvo deterioro...”, “Deberá guardar confidencialidad de toda la información y antecedentes que le proporcione su empleador o patrono, so pena de incurrir en las responsabilidades legales correspondientes” y que “Los elementos y medios suministrados por el patrono no podrán ser usados por persona distinta al teletrabajador,” (Ley de Regulación del Teletrabajo, 2020, págs. 7,8).

Evidentemente, todo este marco regulatorio fue muy difícil de cumplir en lo relacionado a proporcionar por parte del empleador “los elementos y medios”, pues la ley se publicó en marzo de 2020 cuando ya el confinamiento salvadoreño por la COVID-19 ya se había decretado. Es en este momento, en el cual las organizaciones empiezan a buscar y analizar soluciones tecnológicas, que les permitan en primera instancia el acceso a los equipos informáticos y aplicaciones dentro de la organización.

Tipos de aplicaciones informáticas en las PYME

Indiscutiblemente, cuando una organización desea que sus colaboradores ingresen remotamente a un equipo informático dentro de sus instalaciones, es para que se realicen las tareas en el *software* o los archivos que generalmente utiliza en su puesto de trabajo físico. Por lo cual, brindar el acceso remoto a un empleado dependerá del tipo de aplicación que se utilice en la organización. En la siguiente clasificación se exponen de manera sucinta las aplicaciones más utilizadas por las Pequeñas y Medianas Empresas (PYME):

- a. Aplicaciones de escritorio:** son los programas informáticos que se instalan o ejecutan dentro del sistema operativo de una computadora personal (PC) y pueden tener dos formas de operar:
 - Autónomos, cuando realizan todas las tareas de manera independiente a otra aplicación.
 - Interconectados, si requieren de otra aplicación para desarrollar las tareas. En entornos empresariales la aplicación que por antonomasia es la parte conectada es la base de datos, la cual puede estar ubicada en el mismo equipo o en otro.

- b. Aplicaciones web:** son aquellas implementaciones informáticas en las cuales el usuario utiliza un navegador web para realizar las tareas. En este tipo está invisibilizado para el usuario toda la estructura de servicios y la infraestructura de comunicación.

- c. Aplicaciones móviles:** las que se ejecutan en dispositivos móviles como los teléfonos inteligentes o las tabletas electrónicas, en dónde sincronizan sus datos de manera inmediata, o posteriormente a tener la conexión con otra aplicación web o aplicación de escritorio.

En las pequeñas y microempresas, el tipo de aplicación que más predomina fuera de las aplicaciones de comunicación son las aplicaciones de escritorio; ejemplo, el *software* de contabilidad, facturación, ventas, el registro académico, etc. En las empresas medianas y grandes, las aplicaciones de escritorio están interconectadas a sistemas informáticos más complejos, como el *software* para gestión de las relaciones con clientes (CRM), y las aplicaciones cliente para los sistemas de planificación de recursos

(ERP). Aunque es posible tener clientes vía web para los CRM o ERP, algunas empresas proveedoras de estas tecnologías prefieren el uso de la aplicación de escritorio por efecto de licenciamiento.

Metodología

Dado lo abrupto del confinamiento por la pandemia COVID-19, muchos empleadores tuvieron que suspender actividades, salvo aquellos que contaron con una infraestructura tecnológica o al menos los dispositivos que permitiesen una conexión, entre los teletrabajadores y los recursos informáticos requeridos para realizar las tareas asignadas. Estratégicamente en ese momento (y en cualquier otro), es más fácil establecer un mecanismo en dónde los teletrabajadores utilizaran las computadoras que poseían para conectarse a los equipos dentro de la empresa, que trasladar dichos equipos al lugar de trabajo de los teletrabajadores, pues no solo se necesitan las aplicaciones instaladas en los equipos, sino la conectividad que establece la red empresarial entre equipos y las bases de datos.

Si bien es cierto que el artículo 15 de la Ley de Regulación del Teletrabajo indica que los empleadores proveen los equipos de trabajo, también permite que los teletrabajadores empleen sus equipos de forma voluntaria, con lo cual el acceso remoto cobra relevancia:

Corresponderá a cada institución en su calidad de empleador, el suministro de equipos de trabajo, y solo podrá ser dispensada cuando voluntariamente el teletrabajador ofrezca equipos de su propiedad para el cumplimiento de las labores, lo cual quedará especificado en el contrato o su modificación. En caso que el teletrabajador voluntariamente proporcione su equipo de trabajo, será compensado por el empleador por su depreciación, de conformidad a la legislación vigente que corresponda. (Ley de Regulación del Teletrabajo, 2020, págs. 9,10).

Dentro de este contexto, el objetivo de la investigación consistió en elaborar un documento que expusiera de una manera taxonómica y sencilla las diferentes tecnologías para el acceso remoto como una estrategia al teletrabajo. La investigación se centró en responder las siguientes interrogantes: ¿cuáles son los modelos o esquemas que están disponibles para el teletrabajo?, ¿cuáles son las tecnologías de bajo costo que podrán implantarse en las PYME para conectarse hacia los equipos que se encuentran dentro las instalaciones de la empresa? y ¿cuáles son las consideraciones para el acceso remoto?

Para responder la primera pregunta se indagaron, evaluaron y clasificaron las tecnologías con mayor uso e información en la Internet, mientras que para la segunda interrogante se seleccionaron, instalaron y/o evaluaron varias tecnologías para el acceso remoto a equipos físicos, con el fin de seleccionar una o dos tecnologías que puedan emplearse en las PYME salvadoreñas.

El método utilizado en la investigación fue el empírico, en dónde el conocimiento obtenido proviene de las observaciones de la realidad, específicamente los escenarios de prueba con las

tecnologías seleccionadas, en un esquema de replicación (desarrollo de múltiples versiones de un producto utilizando o no una determinada herramienta), (Barchini, 2005, pág. 22). Siendo los pasos empleados:

- a. Formulación de las preguntas de investigación.
- b. Creación de un listado de las tecnologías más utilizadas o conocidas para el acceso remoto; apoyado por los estudiantes de la Maestría en Informática Aplicada a Redes (en dónde el investigador fue docente), quienes compartieron cuáles tecnologías conocían, ya sea porque lo han instalado en las empresas donde laboran o en necesidades personales. Dando como resultado una lista de ocho tecnologías.
- c. Clasificación de las tecnologías en una nueva taxonomía. Aquí el investigador propone una taxonomía acorde a las características de las tecnologías provenientes de la eclosión de soluciones para el acceso remoto.
- d. Selección de las tecnologías a ser implementadas en pruebas de laboratorio. Para esto se crearon criterios que servirían como parámetros de evaluación en una lista de cotejo; dicha lista se elaboró en el segundo semestre de 2020 con el apoyo de los maestrantes, y buscaba determinar que productos tecnológicos podrían ser la propuesta tecnológica para las PYME.
- e. Pruebas de laboratorio. Dado que el investigador imparte módulos en el seminario de graduación de la carrera de Ingeniería en Sistemas y Computación, durante el primer semestre de 2021 se aprovecharon las prácticas relacionadas con tecnologías para la Infraestructura de Escritorios Virtuales (VDI) y la publicación de máquinas virtuales dentro de hipervisores tipo I, para crear varios escenarios basados en escenarios empresariales.
- f. Redacción de los resultados de las pruebas. Utilizando la lista de cotejo definida previamente se crearon los cuadros de resultados de las tecnologías utilizadas en las pruebas del investigador y de los estudiantes.

A continuación, se detalla la lista de las tecnologías propuestas para el acceso remoto (diez):

- a. **AnyDesk.** Plataforma en línea, múltiples agentes, gratuita (personal), versión de prueba y tres tipos de licencia.
- b. **Apache Guacamole.** Es una tecnología gratuita que sirve como Gateway para escritorios remotos usando un navegador web y protocolos como RDP, VNC o SSH.

- c. **DWservice**. Plataforma en línea gratuita, suscripción para aumentar ancho de banda, varios agentes².
- d. **LogMeIn**, con el producto GotoMyPC, versión prueba y tres tipos de licencia, varios agentes.
- e. **MeshCentral**, código abierto, gratuita, con plataforma en línea, en estado beta.
- f. **NoMachine**, tecnología basada en X11, múltiples agentes, gratuito limitado (personal), uso comercial.
- g. **Parsec**, de pago con tres tipos de suscripción, versión gratuita limitada (personal).
- h. **TeamViewer**, versión demo y comercial, años de experiencia en el mercado, múltiples agentes.
- i. **UDS Enterprise**, una solución gratuita hasta diez conexiones, permite el acceso remoto, uso de máquinas virtuales ejecutándose en hipervisores, se debe instalar dentro de los servidores de la organización.
- j. **ZohoAsist**. Plataforma empresarial en línea, versión de prueba, varios planes.

En la siguiente tabla se muestra el resultado del análisis de las tecnologías seleccionadas para ser instaladas como escenario de prueba:

Tabla 1

Resultados del análisis para la selección a las tecnologías a instalar.

Tecnología	Seleccionada	Comentarios y justificaciones
AnyDesk	Sí	Plataforma pública
Apache Guacamole	Sí	Plataforma privada (se requieren sólidos conocimientos de UNIX)
DWservice	Sí	Plataforma pública
LogMeIn	No	La versión gratuita posee varias limitaciones
MeshCentral	No	Actualmente está en versiones de prueba (beta)
NoMachine	No	La versión gratuita posee varias limitaciones
Parsec	No	La versión gratuita posee varias limitaciones
TeamViewer	No	En la versión gratuita no está disponible el uso de navegadores web
UDS Enterprise	Sí	Plataforma privada, gratuita hasta 10 conexiones
ZohoAsist	No	No hay versión gratuita

Fuente: elaboración propia.

² Por agente debe entenderse un programa que se ejecuta en una computadora y permite el control remoto desde una plataforma en línea, un servidor en la red empresarial o bien desde otro dispositivo con el que existe comunicación.

A continuación, se muestran los criterios o características consideradas para seleccionar las tecnologías recomendadas, que serán propuestas como solución tecnológica a las PYME salvadoreñas.

- Precio
- Facilidad de uso
- Tipo de *software* usado para controlar el equipo remoto
- Entorno de la PYME de organización (PYME)
- Opciones de seguridad
- Requiere crear cuenta en la plataforma
- Otras características
- Sistemas operativos controlados

En la siguiente tabla se detallan los valores de los criterios o características a utilizar en la lista de cotejo para las tecnologías a evaluar:

Tabla 2

Criterios para la lista de cotejo en la evaluación de las pruebas con las tecnologías seleccionadas.

Característica	Descripción	Valores
Precio	Tipo de pago económico por su uso	Gratuito, versión de prueba (límite de tiempo), freemium, licencia de uso
Facilidad de uso	Habilidades técnicas requeridas para su uso	Muy fácil, fácil, medio, difícil y muy difícil
Tipo de <i>software</i> usado para controlar el equipo remoto	El <i>software</i> que utilizaría el teletrabajador	Aplicación de escritorio, navegador web, aplicación tipo JAVA, scripts de comandos, etc.
Entorno de la PYME	El tipo de infraestructura que se necesitaría para ejecutar la tecnología	Micro, pequeño, mediano, grande
Opciones de seguridad	Cómo se protege la información y/o acceso mientras se usa la herramienta	Usa encriptación HTTPS, no usa encriptación, usa una VPN, etc.
Requiere crear cuenta en una plataforma en línea	Discrimina si puede instalarse dentro de los servidores de la organización	Sí (se usa una plataforma en línea), No (se debe instalar un <i>software</i> en la organización)
Sistemas operativos controlados	Nombre de los sistemas hosts	MS Windows, GNU Linux. Mac OS, Android, etc.

Fuente: elaboración propia.

Alcances de la investigación

La investigación tuvo un componente experimental proveniente de las prácticas de laboratorio y un componente descriptivo derivado de la literatura técnica y la experiencia de usuario en las pruebas de laboratorio; su aporte radica en:

- a. La información que permita comprender qué es el teletrabajo y los tipos de aplicaciones informáticas en las PYME.

- b. Una lista de las consideraciones que se deben tomar en cuenta para implementar el acceso remoto como una estrategia al teletrabajo.
- c. Una clasificación o taxonomía de los esquemas tecnológicos disponibles para el teletrabajo, con las siguientes condiciones:
 - El contenido de la clasificación de las tecnologías para el teletrabajo se redactará con la menor cantidad de argot técnico, pues estaría orientado para personas que no tengan un perfil técnico y que puedan tomar decisiones dentro de las PYME.
 - Se crearía una clasificación que explique de manera sucinta el funcionamiento, características y consideraciones para la implantación de las PYME.
 - Los resultados y la experiencia desarrollada por el investigador con el manejo de las tecnologías de acceso remoto se aplicarían en el diseño de programas de estudio para educación superior y generación de guías técnicas.

Limitantes de la investigación

A continuación, se detallan las limitantes más relevantes de la investigación:

- a. Para las pruebas de los escenarios se utilizaron equipos virtualizados dentro de una computadora portátil i7 con 16 GB de memoria RAM y otra portátil i5 con 12GB.
- b. Algunas plataformas empresariales dieron acceso gratuito para realizar pruebas con períodos cortos, por lo que en un par de ocasiones se creó una nueva cuenta para comparar una característica que fue descubierta con otra plataforma.
- c. Algunos estudiantes tuvieron problemas con la concepción de algunas arquitecturas y su implementación, por lo que el investigador empleó tiempo para determinar el problema y corregirlo.
- d. No se probaron todos los hipervisores listados en la investigación en su versión más reciente. El investigador utilizó los conocimientos y experiencia en versiones instaladas antes de 2020.

Resultados

Consideraciones para el acceso remoto como estrategia al teletrabajo

Cada tipo de aplicación presenta ventajas y desventajas para poder ser accedidas de forma remota. Las aplicaciones de escritorio son las más antiguas, y generalmente para poder ser accedidas desde fuera de la organización se requiere de servicios informáticos que realicen funciones como: un punto de acceso público, la encriptación del canal, la autenticación del usuario, la asignación de recursos,

la aplicación para controlar el equipo, el registro de actividades, entre otras. Estas funciones pueden ser realizadas por uno o varios *softwares* y ser ejecutado en uno o varios equipos informáticos. Con el tipo de aplicaciones web o móviles, el acceso en términos de equipamiento, *software* empleado y licenciamiento es mayor, pues fueron diseñadas y construidas para ejecutarse en un modelo por capas, es decir pueden desarrollarse completamente en un servidor distante o de forma híbrida: parte del proceso se realiza en el equipo y el resto en otro servidor.

El acceso remoto no es algo nuevo, de hecho, antes que existiera la Internet (como se le conoce ahora), las computadoras se comunicaban por medio de la red telefónica utilizando los famosos MODEM (acrónimo para Modulador y Demulador), los cuales emitían ciertos sonidos característicos en la comunicación telefónica. Inicialmente los servidores UNIX, Netware y Microsoft NT usaban el servicio Remote Access Service (RAS), para establecer una conexión punto a punto entre dos equipos. En la actualidad, la conexión se puede realizar usando tecnologías como las redes de datos telefónicos por GSM, la red de televisión por cable, enlaces satelitales, la televisión digital terrestre entre otros.

Si bien es cierto que la investigación realizada buscaba la diferencia y características que implican los modelos o esquemas disponibles para el teletrabajo, todos ellos poseen elementos comunes como ventajas, riesgos, costos, etc. Por lo cual se presenta un listado de consideraciones generales para que una organización implemente el acceso remoto a equipos o *software* informático como estrategia al teletrabajo:

- a. **Identificar la versión del sistema operativo del equipo remoto.** En la gran mayoría de las PYME centroamericanas las aplicaciones de escritorio están instaladas en sistemas operativos Microsoft Windows (versiones 7, 8, 8.1 y 10), y para ser accedidas se requiere que tengan instalado una aplicación y/o un protocolo para el acceso remoto. En el caso de Microsoft se debe verificar si el sistema instalado es Home, Pro (Profesional), S, Enterprise, etc. Pues por efecto de licenciamiento si se desea esta función se debe adquirir una licencia más cara que posea dicho servicio.
- b. **Uso de *software* de seguridad en los equipos de la organización.** Se debe tener un buen *firewall* y *software* contra aplicaciones *malware* como: **virus** (cuyo objetivo generalmente para colapsar el equipo informático), **spyware** (para acceder a información privada de los usuarios como contraseñas, cuentas, etc.), **bots** (realizan actividades específicas como atacar a otro sitio en la Internet), **ransomware** (encripta la información y el atacante extorsiona con un pago para descifrar la información que prácticamente está inaccesible)
- c. **Contrato de un enlace empresarial.** Para reducir la latencia (letargo) y la lentitud en el refrescamiento de la pantalla, es muy conveniente un ancho de banda y una velocidad grande en el lado del usuario remoto, por supuesto que si el enlace es domiciliar las horas pico podrían incidir en la calidad de comunicación.

- d. Buen ancho de banda domiciliario para el teletrabajador.** La empresa debe tener un enlace del tipo empresarial con la capacidad de poder recibir las conexiones de todos los usuarios remotos (más un recomendable 20 % para crecimiento), el tipo de enlace podría ser dedicado (lo que implica una erogación mayor), o uno compartido con pocas empresas (es conveniente saber negociar esto con los proveedores del acceso a Internet, pues para ellos es más conveniente financieramente un nuevo contrato dedicado).
- e. La información de los usuarios o empresa se debe respaldar.** Esto facilitará reconstruir la información por si el usuario elimina voluntariamente o por error registros importantes.
- f. Identificar mecanismos de control para las tareas realizadas.** Esto si bien es cierto no es técnico, pero debe considerarse para garantizar la inversión en tecnología.
- g. Educar al teletrabajador en el uso de la tecnología.** Esto beneficia la salud física y mental del trabajador y ayuda a reducir costos de energía tanto al empleado como a su empleador, pues dejar aplicaciones o equipos encendidos presenta un costo innecesario y deterioro del equipo físico.

Clasificación propuesta para el acceso remoto al teletrabajo

La investigación aporta epistemológicamente una taxonomía formada por cinco modelos o esquemas para habilitar el teletrabajo, el primer modelo es el más sencillo y su aplicación puede realizarla personas que desean acceder a un equipo en su domicilio, o bien para micro y pequeñas empresas. El segundo modelo es el más complejo en términos de tecnología e inversión monetaria, pero provee un equipo completamente virtualizado a los teletrabajadores; el tercer y cuarto modelo comparten la misma arquitectura diferenciándose en el tipo de recursos que podrá emplear el usuario remoto. El último esquema aborda muy brevemente la “nueva” oferta que para escritorios y/o estaciones de trabajo virtuales ejecutadas en la nube de Microsoft.

- A continuación, se presenta una clasificación propuesta para los esquemas disponibles para el teletrabajo.
- a. Uso remoto de los equipos físicos de la organización.
 - b. Uso de máquinas virtuales en hipervisores dentro de la organización.
 - c. Uso de aplicaciones de escritorio instaladas en un servicio de escritorio remoto.
 - d. Uso de aplicaciones de escritorio en un servicio de aplicaciones remotas.
 - e. Uso de escritorios y estaciones de trabajo virtuales en una nube pública (tendencia)

Esquema 01: uso remoto de los equipos físicos de la organización.

En este esquema lo que se busca es acceder desde fuera de la red de datos interna de la organización al equipo que utiliza el usuario cuando labora dentro de las instalaciones, ya que en estos equipos se

encuentran las aplicaciones de escritorio y los archivos con los que realiza las tareas asignadas según su puesto.

Aparte de las consideraciones generales para el acceso remoto es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Se utilizan los equipos que dispone la organización, por lo cual no será necesario adquirir nuevas computadoras o licenciamiento si dicho equipo provee de un rendimiento aceptable.
- Los equipos pueden apagarse de forma remota, pero para encenderlos se necesita de la intervención de una persona o la automatización por medio de la configuración del BIOS o de *software* especializado (WOL Wake On LAN); existen muchos productos gratuitos y muy sencillos para ello.
- Si ocurre un problema dentro del sistema operativo ya sea en el arranque, “freezado” congelamiento del sistema operativo o la comunicación en la red, el nodo de acceso, etc., el usuario remoto no podrá utilizar las aplicaciones.

Para lograr el acceso se tienen dos opciones que en este artículo se definirán como:

- Tecnologías de acceso remoto por uso de plataforma pública. **TAR-Pub**
- Tecnologías de acceso remoto por uso de plataforma privada **TAR-Priv**

1a. TAR con plataforma pública. Esta modalidad presenta las siguientes características:

- Se instala o ejecuta un agente (*software*) en el equipo físico remoto, el cual se conecta a una plataforma en línea pública³.
- El teletrabajador puede instalar otro agente en el equipo de la casa o puede ingresar a la plataforma pública para acceder al equipo remoto utilizando un navegador web.
- No requiere configuración extra en los equipos de comunicación de la empresa, solo una conexión estable a la Internet por parte de la organización y el teletrabajador.
- Muchas plataformas proveen servicios reducidos de forma gratuita, dejando opciones de mayor productividad y seguridad para los planes de pago.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de red que ilustra la forma de acceder a los equipos físicos utilizando el esquema TAR con plataforma pública; como se aprecia, la infraestructura es muy sencilla y solo debe considerarse que el encaminador o *router* (representado por el cilindro al centro), tenga el perfil que permita las conexiones entrantes a las computadoras de la organización. Tanto el equipo del teletrabajador representado por la computadora portátil, como las computadoras de la organización deben acceder a la plataforma pública para establecer un “túnel” de comunicación.

³ En informática el término pública se refiere a una red o plataforma que no pertenece a la organización, y cuyos equipos pertenecen a otra empresa. Los servicios pueden ser gratuitos o de pago (Gmail es una plataforma pública).

Figura 1

Diagrama de red para el esquema TAR pub.



Fuente: elaboración propia.

En las pruebas técnicas se analizaron las siguientes tecnologías: AnyDesk, DWService LogmeIn, MeshCentral, NoMachine, Parsec, TeamViever, y ZohoAsist; seleccionándose las dos primeras, pues presentaron mejor evaluación para ser utilizadas en las PYME salvadoreñas. A continuación, se presenta un cuadro con los resultados de las pruebas realizadas utilizando los criterios de la Tabla 2.

Tabla 3

Tecnologías recomendadas para TAR plataforma pública.

Característica	DWService	Anydesk
Precio	Gratis	Gratuito solo para uso personal. Empresas y academias pagan licencia
Facilidad de uso	Muy fácil	Fácil
Software para controlar el equipo remoto	Navegador web reciente	Aplicación según el sistema operativo usado
Entorno de la PYME	Micro, pequeño	Micro, pequeño y mediano
Opciones de seguridad	Usa HTTPS	Usa HTTPS
Requiere crear cuenta en la plataforma	Sí	No, recomendado si se necesitan más opciones
Otras características	Enviar y descargar archivos	Enviar y descargar archivos, chat
Sistemas operativos que se controlan	MS Windows, GNU Linux, Mac OS, Raspberry PI,	MS Windows, GNU Linux, Mac OS, Raspberry PI, Android, iOS, Chrome OS

Fuente: elaboración propia.

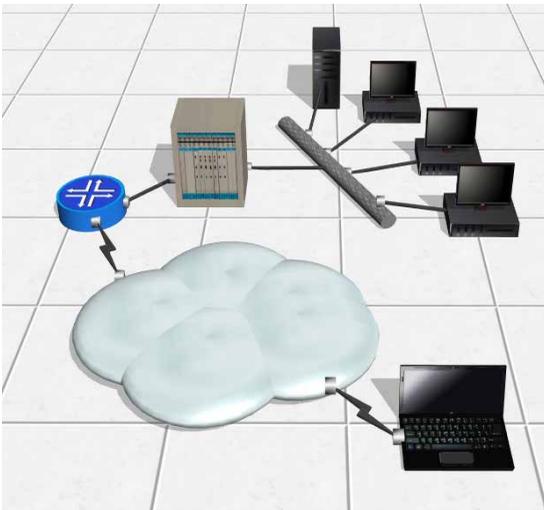
1b. TAR con plataforma privada en línea. Esta variante permite acceder a los equipos de la organización creando una plataforma privada⁴, reduciendo el riesgo de espionaje industrial, ingreso de otros usuarios por un error en la plataforma, etc. Sin embargo, supone el uso de equipamiento y *software* especializados, también se requiere de personal técnico para el mantenimiento y soporte a los teletrabajadores:

- Brindan más opciones de administración, se usa una aplicación web para crear usuarios y permisos. Los equipos remotos deben tener instalado el servicio RDP, VNC o similar.
- UDS Enterprise facilita las pruebas y la implantación al proveer máquinas virtuales, básicamente se requiere instalar un agente en el equipo remoto (UDS actor); configurar el agente de conexiones (UDS Server) para crear usuarios y permisos; y el gateway de conexión (Tunelizador UDS) hacia los equipos internos (UDS Enterprise Team, 2016).
- Apache Guacamole es *software* libre, pero se invirtió más tiempo en la instalación del aplicativo web. Es importante seleccionar la distribución de Linux que se utilizará para evitar problemas de configuración (Guacamole Team, 2021).

En la siguiente figura se muestra un diagrama de red que ilustra la forma de acceder a los equipos físicos utilizando el esquema TAR con plataforma privada, el cual, al compararse con la figura anterior, muestra la presencia del bróker, quien se encargará de presentar un panel web a los teletrabajadores, para que estos puedan laborar con su estación de trabajo.

Figura 2

Diagrama de red para el esquema TAR pub.



Fuente: elaboración propia.

⁴ En informática el término privada se aplica a las redes o plataformas que se ejecutan dentro de los equipos de la organización, el acceso se puede realizar por medio de la Internet ya sea por una conexión VPN (Red Privada Virtual) o sin VPN.

En las pruebas técnicas se utilizó Apache Guacamole y UDS Enterprise, y de forma análoga a la modalidad anterior, se utilizaron los criterios o características de la tabla 2, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 4

Tecnologías recomendadas para TAR plataforma pública.

Característica	UDS Enterprise	Apache Guacamole
Precio	Gratuito hasta 10 conexiones simultáneas	Gratuito sin restricciones
Facilidad de uso	Medio	Moderadamente difícil
Software para controlar el equipo remoto	Navegador web reciente o cliente remoto	Solo un navegador web reciente
Entorno de la PYME	Pequeño y mediano	Pequeño
Opciones de seguridad	Uso de HTTPS	Uso de HTTPS
Requiere otro equipo o software	Un GW de conexión (UDS Tunnelizador)	Configurar el firewall empresarial
Otras características	Permite utilizar máquinas virtuales, equipos físicos, escritorios virtuales (VDI) y aplicaciones remotas. Se integra con Active Directory y similares; puede encender los equipos físicos	Soporta los protocolos RDP, VNC, SSH (SCP), compartir archivos con SFTP
Sistemas operativos que se controlan	Windows y Linux. Varios hipervisores	Equipos que tengan instalado RDP, o VNC

Fuente: elaboración propia.

Esquema 02: uso de máquinas virtuales en hipervisores dentro de la organización.

El paradigma de la virtualización fue el precursor de la computación en la nube, ya que esta tecnología permite instalar un sistema operativo dentro de otro sistema operativo, y ejecutar simultáneamente ambos sistemas operativos. El sistema operativo instalado en el equipo se conoce como *host*, y los sistemas operativos que se instalan de forma virtual se les llama *guest* o máquinas virtuales (MV). Ejemplo, una computadora con Windows 10 instalado (*host*), podría instalar una MV con un sistema operativo Windows, Linux, Mac OS (generalmente para pruebas de desarrollo, porque Apple no autoriza el uso de su sistema operativo de escritorio en plataformas que no sean de Apple), o una versión de Android (Android x86) para ejecutarse en procesadores Intel y compatibles. El sistema operativo (*guest*) de la MV se instala dentro de otra aplicación que emula una computadora y así se pueden ejecutar simultáneamente los dos sistemas operativos, inclusive compartir archivos que se encuentran en ambos sistemas operativos.

La virtualización se convirtió a principios de la década pasada en la panacea de muchos profesionales recién graduados y empresas consultoras, quienes recomendaban la migración de todos los sistemas informáticos y servidores físicos al modelo de virtualización basada en hipervisores tipo I. Si bien

es cierto que el concepto de la alta disponibilidad ofrece muchos beneficios, su implementación en las pequeñas y microempresas financieramente es más difícil por el presupuesto asignado al área de informática, ya que una implementación de virtualización debe considerar las buenas prácticas como: usar equipos con doble fuente, redundancia de los equipos (es decir dos equipos, por si uno falla), un sistema de almacenamiento centralizado (también redundante).

Este esquema es el más complejo de las cinco formas de compartir MV a los teletrabajadores, además requiere una gran capacidad de proceso y memoria RAM, así como otros servicios de apoyo que se listan más adelante, pero provee a los teletrabajadores estaciones de trabajo remotas similares a la entrega de un equipo en dónde puedan instalar aplicaciones y hacer cambios en la configuración de la MV. Además se tiene la ventaja que puede entregarse una máquina virtual con el sistema operativo que el puesto de trabajo requiera. Algunos perfiles de puestos de trabajo que podrían utilizar este esquema:

- Personal de informática que desarrolla aplicaciones (de escritorio, web, móviles, videojuegos de consola, etc.).
- Tareas de investigación con uso de *software* (análisis de mercado, inteligencia de negocios, análisis matemático, *data mining*, etc.).
- Desarrollo de aplicaciones de IoT.
- Creación de contenido multimedia, dónde se crean videos de instalación o videotutoriales.
- Usar una versión de Microsoft Windows antigua debido a que la aplicación de escritorio no se ejecuta o da problemas de compatibilidad en Windows 10.
- Laboratorios virtuales remotos en dónde los estudiantes pueden realizar sus prácticas.

Las máquinas virtuales en este esquema pueden ser persistentes (no se borran) o no persistentes (si se borran). Ejemplo, en un centro de cómputo universitario virtualizado si las máquinas son persistentes cada estudiante remoto puede tener su equipo y trabajar en una máquina que mantendrá las configuraciones y los archivos que el estudiante utilice; si los MV son no persistentes, el usuario al iniciar la sesión crea automáticamente la MV y al finalizar la sesión el gestor de máquinas virtuales eliminará la máquina virtual.

A continuación, se describen los elementos a considerarse en la arquitectura de un esquema de máquinas virtuales para el teletrabajo:

- **Data storage:** equipo tipo SAN o NAS con un arreglo de discos duros dónde se almacenan de forma centralizada los archivos de los discos duros virtuales de las máquinas virtuales.
- **Hipervisores (dos o más):** equipo informático con perfil de servidor que se conecta al *data storage*⁵ y ejecuta las máquinas virtuales, en decir este equipo asigna memoria RAM y procesadores o núcleos

⁵ Un *data storage* es un equipo de almacenamiento centralizado, que bien podría brindar servicios SAN como Fiber Channel (FC), iSCSI, etc. O bien podría proveer servicios NAS como SMB/CIFS (compartir archivos en Windows), NFS (compartir archivos en sistemas UNIX/Linux), AFP (archivos en Apple), WebDav (compartir archivos vía web como Dropbox, One Drive, etc.).

a las máquinas virtuales; entre más hipervisores haya y los recursos de estos sean amplios, mejor será la gestión y experiencia del usuario final.

- **Equipo de gestión de los hipervisores:** es una computadora que gestiona los recursos de los hipervisores y las máquinas virtuales, algunas tecnologías privativas obligan el uso de otra máquina física o virtual para administrar los recursos por efecto de licenciamiento más que por la carga informática.
- **Bróker de conexión.** Es el equipo que permite vincular a los usuarios remotos con los equipos físicos, los escritorios de trabajo VDI o las aplicaciones virtualizadas de la organización. Generalmente se presenta al usuario una interfaz de autenticación que luego de validar las credenciales muestra los recursos empresariales que dicho usuario tiene permiso para utilizar.
- **Gateway de conexión.** Es el equipo que realiza la conexión desde la dirección IP pública de la empresa hacia el bróker.
- **Servicios de infraestructura.** Son equipos o roles que realizan tareas como: NTP (sincronización de la fecha y hora), autenticación centralizada de usuarios (AD, LDAP, etc.), resolución de nombres de equipos, asignación automática de direcciones de red, acceso cifrado hacia la empresa (VPN), etc.

Aparte de las consideraciones generales para el uso de aplicaciones de escritorio instaladas en máquinas virtuales, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- **Los equipos físicos pueden ser sustituidos por máquinas virtuales,** lo que facilita activar el puesto de trabajo si el sistema operativo se congela o daña. Pues al ser virtual y contar con las buenas prácticas, se tendría una imagen o plantilla para restaurar en menor tiempo el equipo informático.
- **Los archivos de los usuarios se encuentran almacenados en el *data storage*,** por lo que activar, reparar o actualizar una máquina virtual es una tarea de menor tiempo.
- Un usuario remoto que accede a una máquina virtual podrá tener las **mismas prestaciones que si estuviera en el equipo físico**, por supuesto que si existen restricciones (las cuales como buena práctica de seguridad deberían estar presentes), no podría instalar *software* o visitar sitios con riesgo, pero si por el contrario, debido a sus tareas necesita un sistema operativo específico o instalar *software*, podrá hacerlo, inclusive solicitar más capacidad de proceso y memoria RAM si en un determinado momento lo requiere.
- **Costos de implementación.** Muchos profesionales creen que por virtualizar se reducen siempre los costos, esto es cierto si la cantidad de servidores o equipos que se virtualicen son muchos; sin embargo,

las capacidades físicas que deben tener los hipervisores deben permitir ejecutar simultáneamente los equipos virtualizados y para tener alta disponibilidad es necesario tener duplicidad en los hipervisores. Además, se debe considerar los costos de los equipos de almacenamiento, los hipervisores, los equipos de comunicación y las licencias si se usa *software* privativo.

- **Personal capacitado.** Evidentemente este esquema requiere personal con las competencias para administrar toda la infraestructura o en su defecto contar con el recurso financiero para tercerizar el soporte técnico.

Para instalar las máquinas virtuales se utilizan hipervisores tipo I, que para efectos de comprensión sin mucho tecnicismo, quiere decir que el sistema operativo posee los recursos mínimos de operación y el hipervisor se instala o forma parte del sistema operativo. A continuación, se presenta un cuadro con algunos de los hipervisores más comunes: el objetivo es listar las tecnologías que pueden ser utilizadas en este esquema y no presentar una comparación técnica, pues tocar aspectos de arquitectura, *drivers*, ecosistemas de gestión, opciones de almacenamiento SAN y NAS está fuera del contexto de la investigación.

Tabla 5

Listado de hipervisores tipo I para crear MV para el teletrabajo.

Hipervisor tipo I	Gratuito	Consideración
VMware vSphere ESXi	No ("Si")	Una de las empresas más innovadoras en la virtualización. Posee una estrategia comercial indicando que es gratuito, pero después de finalizado el período de prueba, se bloquean las funciones de alta disponibilidad que facilitan la gestión y recuperación ante fallas. Si no se desean estas opciones entonces no se necesita licencia de pago.
Citrix Hypervisor	No ("Si")	Ha clonado la forma de trabajar de VMware ESXi, y también limita las opciones de alta disponibilidad cuando finaliza el período de prueba.
Vates XCP-ng	Sí	Es gratuito, se puede utilizar una herramienta muy sencilla para la gestión de las MV (conveniente para las micro y pequeñas empresas), si se desea una gestión de MV más potentes se puede adquirir una suscripción para XEN Orchesta.
Microsoft Hyper-V	Sí	Es gratuito si se utiliza usando comandos por consola de texto, siempre se debe tener licencia CAL (<i>client access license</i>) para el acceso.
Oracle VM Server	Sí	Se maneja por comandos, si se desean herramientas gráficas para facilitar la gestión se debe pagar uso de licencia para este tipo de herramientas. Muy conveniente si se utilizan productos de Oracle como aplicaciones JAVA y bases de datos Oracle.
Xen Project	Sí	De los primeros hipervisores, muy estable, se maneja por comandos y existen herramientas gráficas gratuitas que ayudan a la gestión.
KVM	Sí	Hipervisor que viene dentro del kernel de Linux, se puede implementar en versiones orientadas a servidores, posee buen rendimiento y se maneja con comandos y herramientas de gestión. En el caso de RedHat, esta empresa ha optimizado KVM y posee una herramienta de gestión muy intuitiva, pero es de pago.
Proxmox VE	Sí	Hipervisor instalado en una distribución GNU Linux Debian, está basado en KVM y es muy conveniente utilizarlo en entornos micro, pequeños y medianos.

Fuente: elaboración propia.

Si una micro o pequeña empresa requiere asignar máquinas virtuales a los teletrabajadores se recomienda lo siguiente:

- Si el presupuesto de inversión es limitado, invierta en equipamiento físico y use soluciones de virtualización completamente gratuitas o *software* libre. En este caso se sugiere: XCP-ng, Proxmox VE o KVM (si hay personal técnico que maneje GNU/Linux).
- Si no posee personal con las competencias para gestionar las MV de los teletrabajadores, adquiera *software* comercial que posea una interfaz sencilla y suficiente documentación, se sugieren los productos de VMware vSphere, o bien Citrix Hypervisor.
- Como buena práctica se debe contar con un sistema de respaldo y/o centralización del almacenamiento de los archivos de los usuarios y las plantillas de las MV.
 - En las prácticas desarrolladas en esta investigación se utilizó el producto de UDS Enterprise, el cual es bróker de conexiones que facilita la integración de diferentes hipervisores y permite la compatibilidad con los escritorios virtuales (VDI) de Microsoft RDS (se escribirá posteriormente de esta tecnología).

En la Figura 3 se muestra un diagrama de red que ilustra la arquitectura para que los teletrabajadores laboren en máquinas virtuales, básicamente se representan dos redes (o deberían existir): la red SAN que tiene como objetivo el almacenamiento de las máquinas virtuales dentro de los arreglos de discos, para favorecer la alta disponibilidad los miembros de la SAN poseen redundancia en la comunicación; en la red LAN se muestra un bróker que realiza la misma función que el escenario pasado, y se han representado dos hipervisores al centro los cuales ejecutan las máquinas virtuales de los teletrabajadores. Una PC de escritorio simboliza la herramienta de gestión que utilizaría el personal de informática para administrar las máquinas virtuales.

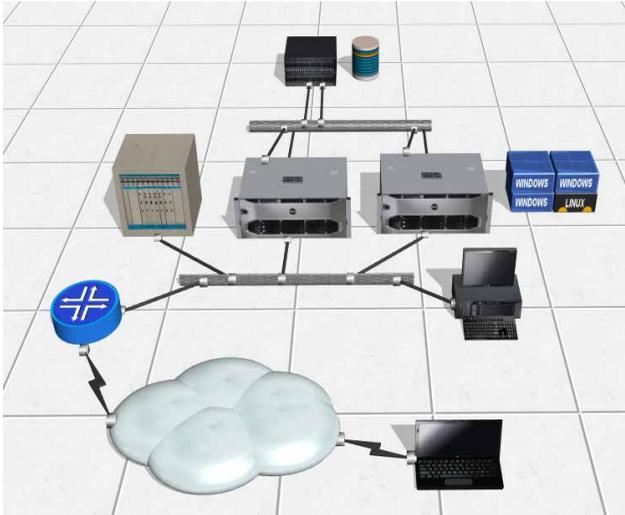
Esquema 03: uso de aplicaciones de escritorio instaladas en un servicio de escritorio remoto.

¿Qué sucede si los trabajadores no necesitan instalar *software* o cambiar la configuración de las máquinas virtuales?, porque el esquema anterior es muy complejo, consume recursos informáticos en los hipervisores y en términos de licenciamiento es más oneroso. La respuesta es utilizar la tecnología Virtual Desktop Infrastructure (VDI), conocido también como infraestructura de escritorios virtuales o la virtualización de escritorio.

De manera sencilla las tecnologías VDI permiten que varios usuarios remotos puedan utilizar simultáneamente una misma computadora; es similar al uso de una computadora personal utilizada por tres miembros de una familia, en donde cada usuario podría usar las aplicaciones instaladas en

Figura 3

Diagrama de red para el esquema de MV con hipervisor en la empresa.



Fuente: elaboración propia.

el equipo y se mantienen aislados los archivos de cada perfil (fondos de escritorio, personalizaciones, archivos en carpeta documentos, etc.). La ventaja del VDI es que los usuarios ejecutan simultáneamente las aplicaciones y se optimiza el uso de la memoria RAM, pues en el esquema de máquinas virtuales, la memoria RAM asignada a cada máquina virtual no puede ser compartida.

En las PYME centroamericanas la gran mayoría de sistemas operativos instalados para los empleados es Microsoft Windows, por lo cual en este esquema no se expondrán las tecnologías de los sistemas operativos GNU Linux, los cuales presentan más protocolos de conexión y no se paga licencia alguna. Así que es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- No se puede ejecutar un VDI en equipos MS Windows 7, 8, 8.1 y 10, la tecnología VDI se instala y ejecuta en Microsoft Windows Server, por lo cual hay que pagar licencia de acceso al servidor (CAL).
- El servicio VDI requiere una licencia por conexión a parte de la licencia (CAL).
- Dependiendo de la cantidad de usuarios que accederán a los escritorios así será la cantidad de servidores Windows Server que se necesiten; también dependiendo del consumo de memoria RAM o el uso de microprocesador, el perfil de hardware de los equipos será más grande. Aun así, es menor cantidad de recursos que en el esquema con MV.

- Antes de compartir aplicaciones de escritorio es necesario instalar y hacer pruebas con la aplicación que los teletrabajadores utilizarán, pues no se instalan en MS Windows 10 si no en MS Windows Server 2019 o 2022, y aunque comparten mucho del kernel Windows 10 y Windows Server, puede haber incompatibilidad o problemas al ejecutar las aplicaciones en el escritorio del servidor.
- Windows Server permite realizar pruebas por un periodo de 180 días, lo cual permite crear el escenario y probar el acceso a los escritorios.

Este esquema podía ser útil en *call centers*, agencias bancarias, en oficinas con pocos o gran cantidad de empleados, porque al escalar (aumentar servidores) se puede atender más teletrabajadores.

Existen elementos para considerarse en la arquitectura de un esquema VDI para el teletrabajo usando MS RDS (Microsoft, 2018):

- a. Un data store:** ya sea SAN (recomendado) o NAS, para almacenar los perfiles de los escritorios y los archivos de los usuarios. Muy conveniente que tenga un arreglo de disco.
- b. Un equipo con Active Directory:** para la autenticación centralizada y la resolución de nombres con el servicio DNS.
- c. Uno o varios equipos con MS Windows Server versión Datacenter para ejecutar los siguientes roles RDS (Remote Desktop Service):**
 - Puerta de enlace de escritorio remoto (RDGW). Permite la comunicación por HTTPS de los teletrabajadores, es decir usando el navegador web con certificados.
 - Acceso web de escritorio remoto (RDWeb). Instancia el portal web para que los teletrabajadores se puedan autenticar.
 - Agente de conexión a escritorio remoto (RDCB). Bróker que equilibra la carga en los servidores con el rol RDSH.
 - Host de sesión de escritorio remoto (RDSH). Debe ser el equipo más potente, porque en él se ejecutarán los escritorios remotos junto con las aplicaciones de escritorio
 - Administración de licencias de escritorio remoto (RDLS). Administra las licencias del servicio RDS.

En una implementación sencilla se podría tener con cuatro servidores con los siguientes roles:

- a. Equipo 01. Infraestructura: MS AD, servicio DNS, servicio DHCP.
- b. Equipo 02. RDGW y (que podría estar colocado en la DMZ del firewall).
- c. Equipo 03. RDWeb, RDCB, RDLS.
- d. Equipo 04. RDSH y Servidor de archivos (el equipo más potente).

Tabla 6

Listado de tecnologías VDI para el teletrabajo.

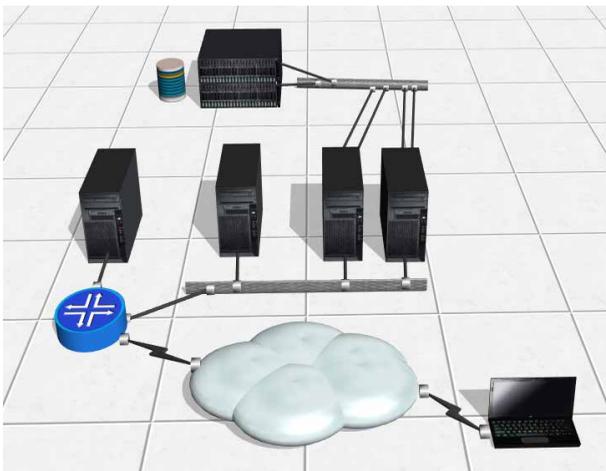
Tecnología para VDI	Valoraciones
Microsoft RDS	Para que una PYME con presupuesto limitado pueda iniciar una infraestructura VDI solo utilizando los roles del servicio Microsoft Redmore Destop Services (RDS), siempre se debe considerar las licencias CAL para la validación de los usuarios, las licencias del servicio RDS, las licencias de las aplicaciones remotas, y por supuesto las licencias de <i>software</i> de seguridad (antivirus, antispysware,etc.)
Citrix Virtual Apps and Desktops	Este producto es aparte del MS RDS y tiene como objeto proveer de una herramienta que facilita la gestión de los escritorios, usuarios y accesos, además provee opciones para el monitoreo y reportes. Citrix es una empresa reconocida por desarrollar un algoritmo de compresión en la conexión de los clientes remotos que reduce el ancho de banda necesario para la operación en el escritorio remoto. Este producto requiere su propio licenciamiento.
VMware Horizon	Tecnología similar a Virtual Apps and Desktop de Citrix. También requiere de licenciamiento propio.

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de red para exponer la arquitectura VDI, en dónde se muestra el data store para el almacenamiento (equipo al fondo), tres equipos con los roles de Microsoft RDS y un cuarto servidor para el directorio activo (AD). Para implementar el diagrama, el equipo de comunicación representa la conectividad y protección perimetral a la red de la organización.

Figura 4

Diagrama de red para el esquema VDI (escritorios virtuales).



Fuente: elaboración propia.

Esquema 04: uso de aplicaciones de escritorio en un servicio de aplicaciones remotas.

Este esquema es muy parecido al anterior, pero se diferencia que, en lugar de asignar un escritorio virtual, el teletrabajador al ingresar al portal web solo verá los iconos de las aplicaciones que tiene permiso de ejecutar. Al publicarse solo las aplicaciones remotas, los recursos de *hardware* en los servidores serán menores. La arquitectura se mantiene igual, pero al requerir menos recursos podría emplearse menos equipos físicos. Evidentemente los costos de licenciamiento se mantienen en el caso de Microsoft RDS (Microsoft, 2020).

Las aplicaciones remotas permitirán:

- a. Que los teletrabajadores solo dispongan de un menú con las aplicaciones que están autorizados a emplear.
- b. Los recursos informáticos solo podrán utilizarse para actividades relacionadas con las tareas del empleador.
- c. Menos riesgo en la seguridad informática.
- d. Los usuarios siempre podrán almacenar sus archivos dentro de los repositorios de la empresa.

Elementos para considerarse en la arquitectura de un esquema de aplicaciones remotas para el teletrabajo:

- a. **Un data store:** una SAN o NAS, para almacenar los archivos y perfiles de los teletrabajadores.
- b. **Un equipo con Active Directory:** para la autenticación centralizada y la resolución de nombres con el servicio DNS.
- c. Uno o varios equipos con MS Windows Server versión Datacenter para ejecutar los siguientes roles RDS (Remote Desktop Service):
 - Puerta de enlace de escritorio remoto (**RDGW**). Permite la comunicación por HTTPS de los teletrabajadores, es decir usando el navegador web con certificados.
 - Acceso web de escritorio remoto (**RDWeb**). Instancia el portal web para que los teletrabajadores se puedan autenticar.
 - Agente de conexión ae remoto (**RDCB**). Bróker que equilibra la carga en los servidores con el rol RDSH.
 - Host de sesión de escritorio remoto (**RDSH**). Debe ser el equipo más potente, porque en él se ejecutarán las aplicaciones de escritorio.
 - Administración de licencias de escritorio remoto (**RDLS**). Administra el licenciamiento del servicio RDS.

Ya que las aplicaciones suponen un consumo menor de recursos comparado con los servicios de virtualización de escritorios, una implementación de aplicaciones virtuales o aplicaciones remotas puede iniciar con una menor cantidad de equipos físicos, lo cual es conveniente para una pequeña o mediana empresa que requiere habilitar puestos para teletrabajo rápidamente.

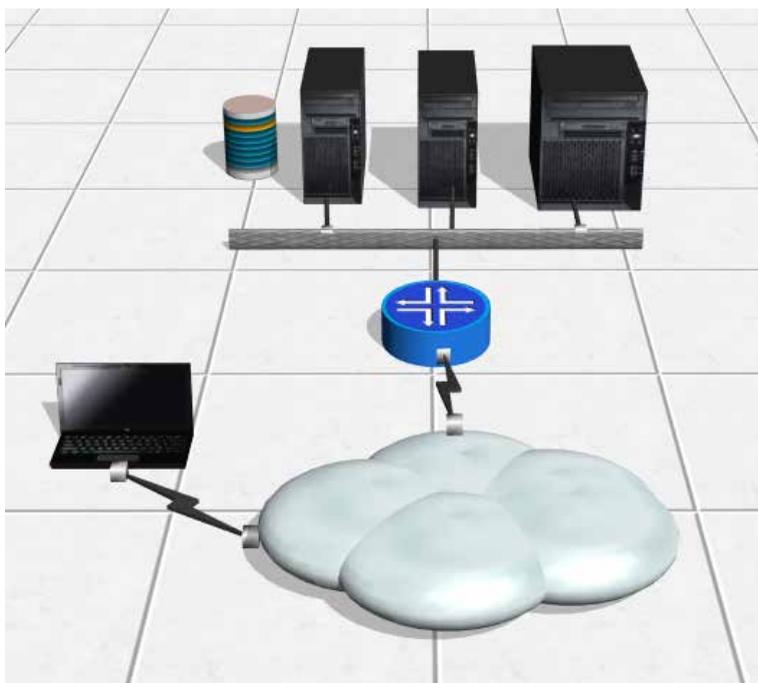
En una implementación sencilla se podría iniciar con tres servidores físicos ejecutando los siguientes roles:

- a. Equipo 01. Infraestructura: MS AD, servicio DNS, Servidor de archivos.
- b. Equipo 02. RDGW, RDWeb, RDCB, RDLS.
- c. Equipo 03. Equipo 04. RDSH (el equipo más potente).

En la siguiente figura se muestra un diagrama de red para exponer los componentes de RDS usando solo aplicaciones remotas. El escenario mostrado aquí busca reforzar el hecho que se puede comenzar con pocos elementos y en función decrecimiento o aplicar alta disponibilidad se pueden ir agregando más equipos o sustituyendo el perfil de *hardware*.

Figura 5

Diagrama de red para el esquema de aplicaciones virtualizadas.



Fuente: elaboración propia.

Esquema 05: uso de escritorios y estaciones de trabajo virtuales en una plataforma pública (tendencia)

Con el desarrollo de los servicios de la computación en la nube (*cloud computing*), empresas como Amazon Inc., Microsoft Corporation, Google LLC, Digital Ocean, entre otras, permiten la implantación de máquinas virtuales en sus plataformas siguiendo un modelo muy parecido a la Figura

2. Aunque estas plataformas fueron concebidas para migrar la infraestructura de los servidores de la empresa hacia la nube, por lo cual, aunque se pueden instalar máquinas virtuales para los empleados, la gestión y acceso podría ser menos intuitiva.

Los servicios *cloud computing* se pueden sintetizar en tres grandes tipos:

- a. **Software como servicio (SaaS)**, en donde los usuarios no pueden instalar servicios: solamente los configura y usan; ejemplo: el correo electrónico de Gmail, u Office 365.
- b. **Plataforma como servicio (PaaS)**, servicios orientados a desarrolladoras; aquí se encuentran tecnologías que permiten el desarrollo de aplicaciones web. Ente algunas plataformas se pueden citar Azure de Microsoft que permite ejecutar instancias de bases de datos, servidores web y lenguajes de programación como ASPX.
- c. **Infraestructura como servicio (IaaS)**, permite instalar máquinas virtuales cuyo perfil está orientado a sistemas operativos de servidores como Windows Server, Ubuntu Server, Suse Linux Enterprise Server, etc. Entre las plataformas más populares se destacan, Amazon Web Services (AWS) de Amazon, Google Cloud de Google, y Azure de Microsoft.

En la Internet también se puede encontrar el acrónimo DaaS (*desktop as a service*) para referirse al servicio de proporcionar escritorios virtualizados como la Figura 3, o para máquinas virtuales no servidores como la Figura 2. Para hacer una diferencia entre máquina virtual orientada a servidores, y una máquina virtual con sistema operativo de usuario final, en este texto se utilizará el concepto estación de trabajo para referirse a máquinas virtuales con Windows 10 o Windows 11.

Con las cuarentenas del año 2020, se disparó la necesidad de ejecutar estaciones de trabajo en la nube pública. Ante esto, Microsoft está desarrollando Windows 365 Cloud PC, la cual es una plataforma pública que permitirá ejecutar estaciones de trabajo (CNN en español, 2021). Esto es un modelo híbrido como lo expresó el gerente general de Microsoft 365, es decir una parte se ejecutará en el equipo físico y otra gran parte en la nube (Wangui, 2021). Con este esquema aún en desarrollo⁶, se incrementan las posibilidades de adquirir una estación de trabajo virtual a los teletrabajadores.

En la siguiente figura se ilustra el esquema basado en escritorio y estaciones de trabajo virtuales en una plataforma pública, en donde los teletrabajadores acceden los recursos que les ha asignado la empresa, ubicados dentro de una plataforma de pago. Básicamente la organización utilizaría un equipo para gestionar los recursos y tener el respaldo de los archivos de los usuarios dentro de la organización.

6 En el primer semestre de 2021.

Figura 6

Diagrama de red para el esquema de aplicaciones y estaciones de trabajo virtualizadas en una plataforma pública.



Fuente: elaboración propia.

Discusión y recomendaciones

Al investigar las diferentes formas de proveer el acceso remoto a las aplicaciones o los equipos informáticos de una organización para el teletrabajo, se encontraron cinco esquemas, los cuales fueron clasificados de la siguiente manera: a) Uso remoto de los equipos físicos de la organización; b) Uso de máquinas virtuales en hipervisores dentro de la organización; c) Uso de aplicaciones de escritorio instaladas en un servicio de escritorio remoto; d) Uso de aplicaciones de escritorio en un servicio de aplicaciones remotas; y e) Uso de escritorios y estaciones de trabajo virtuales en una nube pública (la cual se está convirtiendo en una tendencia).

El primer esquema de esta clasificación presenta dos variantes: una basada en plataformas ubicadas en otras empresas (TAR en plataforma pública), y otra basada en plataformas instaladas dentro de la organización (TAR en plataforma privada). Para las micro y pequeñas empresas es más conveniente el modelo **TAR en plataforma pública**, siendo la opción recomendada **DWSERVICE**: que es una plataforma sencilla pero completamente gratuita; si se desean más opciones en la configuración y la comunicación se recomienda la suscripción anual de **AnyDesk**, que tiene un precio aproximadamente de USD 120.00 por cada equipo remoto. Una curiosidad sobre el uso de AnyDesk es que muchos de los egresados de ingeniería y los maestrantes de informática pensaban que es gratuito si se usa para entornos educativos, lo cual no es cierto.

Si las empresas no desean tener sus recursos en una nube pública o necesitan más opciones de seguridad y monitoreo de las actividades de los teletrabajadores, se debe implementar la modalidad **TAR en plataforma privada**. En las pruebas realizadas con Apache Guacamole se logró el acceso remoto a equipos físicos; aunque es *software* libre es una solución que debe completarse con otros servicios de infraestructura. Es recomendada para entornos pequeños que posean personal técnico con sólidas competencias en sistemas GNU Linux. Los productos de **UDS Enterprise** brindan una solución escalable, fácil de usar y con muchas opciones de interconexión y servicios. **El bróker de conexión es completamente gratuito si la cantidad de teletrabajadores es igual o menor que diez**; si una organización necesita más conexiones puede adquirir un licenciamiento anual de aproximadamente USD 1,500.00 por diez conexiones extras.

Para el caso del esquema basado en máquinas virtuales con hipervisores dentro de la empresa, se recomienda utilizar los **hipervisores XCP-ng y KVM que son completamente gratuitos y sin restricciones en las funcionalidades** que brindan, lo cual permite instalarse desde escenarios pequeños a grandes implementaciones. Evidentemente se necesita personal de informática que posea sólidos conocimientos en virtualización y almacenamiento SAN o NAS. El uso UDS Server facilita contar con un bróker que maneje el portal web para el acceso de los teletrabajadores.

Los esquemas basados en infraestructura de escritorios virtuales (VDI) y aplicaciones virtuales (o *remote apps*) comparten la misma arquitectura, siendo el producto clave Microsoft RDS. El primer esquema provee un escritorio completo muy similar a Windows 10 y el segundo esquema solo permite ejecutar las aplicaciones creadas en los *pool* o grupos de programas. Al no ser un escritorio 100 % Windows 10, es necesario realizar pruebas de compatibilidad y rendimiento en las aplicaciones que se desean compartir. En la investigación se determinó que existen empresas como Citrix Systems Inc. y VMware Inc. que ofrecen productos que facilitan la gestión de los recursos compartidos y proveen detalles de las actividades de los teletrabajadores, pero incrementan los costos al requerir Microsoft RDS y sus propios productos.

Como el esquema VDI se provee actualmente de un escritorio basado en Windows server 2019 y Windows Server 2022, Microsoft está desarrollando una nueva plataforma que permita ejecutar máquinas virtuales con Windows 10 y Windows 11. Además, con el servidor Windows Server 2022 se tendrá un ecosistema híbrido que permitirá a las empresas integrar servicios privados y públicos con su plataforma Azure de manera segura y con un mejor rendimiento.

Referencias

- Barchini, G. E. (2005). Métodos “I + D” de la Informática. *Revista de informática educativa y medios audiovisuales*, 16-24.
- CNN en español. (15 de julio de 2021). *Windows 365: Windows 11 o 10 en la nube para toda clase de dispositivos, incluyendo Mac, iPad y Android*. <https://cnnespanol.cnn.com/2021/07/15/windows-365-windows-11-10-cloud-nube-mac-ipad-android-orix/>
- Guacamole Team. (2021). *Chapter 2. Installing Guacamole natively*. <https://guacamole.apache.org/doc/gug/installing-guacamole.html>
- Ley de Regulación del Teletrabajo. (2020). *La Asamblea Legislativa de la República de El Salvador*. <https://www.asamblea.gob.sv/sites/default/files/documents/decretos/384052FA-7820-4835-A5F9-AF8150684D71.pdf>.
- Microsoft. (7 de junio de 2018). *Remote Desktop Services roles*. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/remote/remote-desktop-services/rds-roles>
- Microsoft. (2 de diciembre de 2020). *License your RDS deployment with client access licenses (CALs)*. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/remote/remote-desktop-services/rds-client-access-license>
- Organización Internacional del Trabajo. (22 de julio de 2020). *Definición y medición del trabajo a distancia, el teletrabajo, el trabajo a domicilio y el trabajo basado en el domicilio*. http://www.oit.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---stat/documents/publication/wcms_758333.pdf
- Organo Legislativo. (16 de junio de 2020). *Decreto No. 600*. <https://www.diariooficial.gob.sv/diarios/do-2020/06-junio/16-06-2020.pdf>
- UDS Enterprise Team. (27 de abril de 2016). *UDS Enterprise: el broker de conexiones definitivo*. <https://www.udsenterprise.com/es/blog/2016/04/27/uds-enterprise-el-broker-de-conexiones-definitivo/>
- Ushakova, T. (23 de marzo de 2017). *Los modelos de la acción normativa de la OIT para regular el trabajo a distancia*. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---ilo-madrid/documents/article/wcms_548606.pdf

Wangui, M. (14 de julio de 2021). *Presentamos una nueva era de computación personal híbrida: Windows 365 Cloud PC*. <https://news.microsoft.com/es-xl/presentamos-una-nueva-era-de-computacion-personal-hibrida-windows-365-cloud-pc%E2%80%AF%E2%80%AF/>