

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN EMPRESA Y  
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN  
CURSO ACADÉMICO 2024-2025**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**TÍTULO EN ESPAÑOL**

**EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS  
SOFTWARE PROPIETARIO**

**TÍTULO EN INGLÉS**

**EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY OF LINUX VS  
PROPRIETARY SOFTWARE**

AUTOR/A: ALEJANDRO RODRÍGUEZ BARQUÍN  
DIRECTOR/A: MARIA ELENA GARCIA RUIZ

CONVOCATORIA DE DEFENSA: MES, 2025

ALEJANDRO RODRIGUEZ BARQUIN

*DECLARACIÓN RESPONSABLE*

*La persona que ha elaborado el TFG que se presenta es la única responsable de su contenido. La Universidad de Cantabria, así como quien ha ejercido su dirección, no son responsables del contenido último de este Trabajo.*

*En tal sentido, Don/Doña .....Alejandro...Rodríguez...Barquín..... se hace responsable:*

1. *De la AUTORÍA Y ORIGINALIDAD del trabajo que se presenta.*
2. *De que los DATOS y PUBLICACIONES en los que se basa la información contenida en el trabajo, o que han tenido una influencia relevante en el mismo, han sido citados en el texto y en la lista de referencias bibliográficas.*

*Asimismo, declara que el Trabajo Fin de Grado tiene una extensión de máximo 15.000 palabras, excluidas tablas, cuadros, gráficos, bibliografía y anexos.*

*Fdo.: .....*  


# EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

<b>1. RESUMEN</b>	<b>4</b>
1.1. ABSTRACT	4
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
2.1. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	5
2.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO	6
2.3. PREGUNTAS DE ANÁLISIS	6
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
3.1. DEFINICIÓN Y FILOSOFÍA DEL SOFTWARE LIBRE	7
3.2. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LINUX	9
3.3. COMPARACIÓN ENTRE SOFTWARE LIBRE Y SOFTWARE PROPIETARIO	10
3.4. LICENCIAS DE SOFTWARE: SOFTWARE LIBRE VS. PROPIETARIO	12
3.5. IMPACTO DE LINUX Y EL SOFTWARE LIBRE EN LA SOCIEDAD	13
3.6. DISTRIBUCIONES DE LINUX: CARACTERÍSTICAS Y DIFERENCIAS	14
3.6.1. Distribuciones generales	15
3.6.2. Distribuciones empresariales	16
3.6.3. Distribuciones en sectores nicho	17
3.7. ARQUITECTURA DE SISTEMAS OPERATIVOS	18
3.7.1. Arquitectura de Windows	18
3.7.2. Arquitectura de Linux	19
<b>4. METODOLOGÍA</b>	<b>20</b>
4.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	20
4.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	20
4.3. ESTUDIO COMPARATIVO	21
4.4. CASOS DE ESTUDIO	22
<b>5. ANÁLISIS</b>	<b>23</b>
5.1. ANÁLISIS DEL USO DE LINUX EN EL ENTORNO EMPRESARIAL	23
5.2. CASOS DE ADOPCIÓN DE LINUX EN EMPRESAS	24
5.3. COMPARACIÓN DE COSTES: LINUX VS. WINDOWS	25
5.4. HERRAMIENTAS, APLICACIONES Y DESAFÍOS EMPRESARIALES EN LINUX	26
5.5. USO DE UBUNTU EN EL ENTORNO EMPRESARIAL	28
5.5.1. Versiones de Ubuntu y actualizaciones	29
5.6. CONTRIBUCIÓN DE LINUX A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)	30
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>30</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>31</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>33</b>
8.1. CONTRIBUCIÓN DE LINUX A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)	33
8.1.1. Linux como herramienta para la sostenibilidad empresarial	34
8.2. PROYECTO DE MIGRACIÓN DE UNA EMPRESA A LINUX	37
8.2.1 Método PERT	42
8.2.2. Cálculo de la Duración Estimada y Desviación de Cada Actividad	43

## 1. RESUMEN

Este trabajo observa de forma holística el uso de Linux en las empresas, comparándolo frente al software propietario, revisando apartados económicos, técnicos, culturales y de reducido impacto ambiental. Se comienza mostrando los ideales del software libre, libertades de uso, modificación, estudio y distribución, que lo hacen distinto a los programas propietarios (Free Software Foundation, s.f.; Raymond, 1999).

Este estudio metodológico se ha basado en un enfoque mixto que combina revisiones bibliográficas, análisis comparativos y casos de estudio, lo cual facilita la triangulación de datos para evaluar el impacto económico y operativo del sistema. Se comparan los costes directos e indirectos de licencias, soporte, mantenimiento, capacitación y migración entre Linux y Windows. En sistemas cerrados como Windows, para aquellas compañías que no constan de un capital económico elevado debido al reducido tamaño de su empresa, se asumen elevados precios de licencias que por lo general dependen de un único proveedor (Microsoft Corporation, n.d.). Linux proporciona una opción más económica con versiones sin coste y planes de suscripción accesibles, así las empresas pueden crecer sin invertir grandes cantidades exclusivamente en el software (Red Hat Inc., s.f.; Canonical Ltd., s.f.). Esto se ejemplifica con tablas que separan los precios de licencias, los gastos de soporte técnico y otros costes críticos.

Este trabajo busca analizar cómo empresas importantes como JP Morgan Chase, Deutsche Bank, AT&T y Verizon, entre otras, han usado Linux para mejorar sus procesos internos, ser más eficientes y reducir el consumo energético. Esto ha tenido beneficios ambientales, como la reducción de la huella de carbono, y económicos, como el ahorro en licencias y soporte (DiBona, Ockman & Stone, 1999). Además, se han encontrado diversos problemas a superar tales como la falta de talento especializado, barreras culturales y problemas de integración, que requieren estrategias de gestión del cambio y capacitación continua (MuyLinux, 2022; Zona TechnoCrew, s.f.).

En conclusión, la adopción de Linux se configura como una estrategia viable para la transformación digital, permitiendo a las empresas mejorar la eficiencia, reducir costes y promover la sostenibilidad, siempre que se aborden los desafíos inherentes a su implementación.

### 1.1. ABSTRACT

This work looks holistically at the use of Linux in companies, comparing it to proprietary software, reviewing economic, technical, cultural and reduced environmental impact aspects. It begins by showing the ideals of free software, freedoms of use, modification, study and distribution, which make it different from proprietary programmes (Free Software Foundation, n.d.; Raymond, 1999).

This methodological study is based on a mixed approach combining literature reviews, comparative analysis and case studies, which facilitates the triangulation of data to assess the economic and operational impact of the system. Direct and indirect costs for licensing, support, maintenance, training and migration are compared between Linux and Windows. In closed systems such as Windows, for those companies that do not have high financial capital due to

the small size of their company, high licence fees are assumed and are usually dependent on a single vendor (Microsoft Corporation, n.d.). Linux provides a cheaper option with no-cost versions and affordable subscription plans, so companies can grow without investing large amounts in the software alone (Red Hat Inc., n.d.; Canonical Ltd., n.d.). This is exemplified by tables that separate licence fees, support costs and other critical costs.

This paper seeks to analyse how major companies such as JP Morgan Chase, Deutsche Bank, AT&T and Verizon, among others, have used Linux to improve their internal processes, become more efficient and reduce energy consumption. This has had environmental benefits, such as reduced carbon footprint, and economic benefits, such as savings in licensing and support (DiBona, Ockman & Stone, 1999). In addition, several problems have been found to be overcome such as lack of specialised talent, cultural barriers and integration problems, which require change management strategies and continuous training (MuyLinux, 2022; TechnoCrew Zone, n.d.).

In conclusion, Linux adoption is a viable strategy for digital transformation, allowing companies to improve efficiency, reduce costs and promote sustainability, provided that the challenges inherent to its implementation are addressed.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En el entorno actual del sector empresarial, escoger el sistema operativo es clave, pues afecta de forma integral a la operativa de la empresa, su seguridad y su capacidad de innovación. Decidir entre usar programas abiertos o libres, como Linux, o programas propietarios, es algo más que una decisión tecnológica, pues también el ámbito económico, moral y de cuidado del planeta.

El software libre permite a la gente emplearlo, auditar el código, modificarlo y distribuir el programa sin límites. Esto ayuda a que las empresas desarrollen sus propias herramientas de la forma que estas dispongan. Por ejemplo, se puede transformar el programa para que muestre el bagaje cultural y las necesidades de una comunidad, ayudando a aprender y creando ideas nuevas (Fundación Vía Libre, 2003). Por otro lado, el software propietario establece reglas para su uso, cambios y distribución del programa, quitándole libertad al usuario. Esto puede dificultar la adaptación de las empresas a los cambios fluctuantes del mercado o si requiere de modificaciones que no va a poder realizar dificultando su flexibilidad.

Desde que Linus Torvalds lo desarrolló en 1991, Linux pasó de ser un proyecto personal a ser una base robusta y completamente útil, que muchas empresas utilizan. Permite su completa modificación y es plenamente compatible con los dispositivos conectados a internet (IoT) y sistemas embebidos, además de dispositivos inteligentes como routers, televisores y sistemas domóticos (LoopGk, 2024).

El auge de Linux en las empresas se debe a su firmeza, la protección que brinda y cómo emplea sus recursos. El código abierto da la oportunidad a las empresas de ajustar este

sistema a lo que necesiten, otorgando más eficiencia y reduciendo costes. Por ejemplo, en el sector bancario, Linux maneja más de la mitad de las operaciones y casi todas las entidades financieras de gran tamaño lo usan (Computer Weekly, 2018).

Usar software libre, sobre todo Linux, en las empresas se contempla desde una perspectiva técnica y económica, pero también con las metas de desarrollo de la ONU. Estas metas buscan arreglar problemas como la innovación, la buena educación y el cuidado del planeta. Usar software libre ayuda a que las empresas sean más responsables apoyando estas iniciativas. Así, el software libre puede ser adaptado para mostrar la cultura y las necesidades de una comunidad, apoyando el aprendizaje y el desarrollo de novedosas iniciativas (Fundación Vía Libre, 2003). Además, la tecnología ayuda a disminuir la pobreza y el hambre o a la creación de nuevos puestos de trabajo, así mismo se ve como también influye en la mejora del acceso energético y educativo (Pacto Mundial, s.f.). El aumento del uso de Linux en las empresas y su posible ayuda a las metas mundiales hacen necesario un estudio detallado que examine las consecuencias de estos. Este estudio se dedica a observar las diferencias clave entre el software libre y el privado, a explorar cómo se ha transformado Linux y cómo las empresas lo utilizan, y a juzgar cómo estas elecciones de tecnología pueden ayudar a lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

## 2.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Este trabajo persigue ciertas metas esenciales:

Nº	Objetivo
1	Investigar las diferencias entre el software libre y el software propietario, analizando factores como licencias, tarifas, medidas de flexibilidad y amenazas de seguridad, para comprender su impacto en el entorno empresarial.
2	Indagar en la historia y evolución de Linux, desde que era solo una idea hasta su consolidación como una opción viable y robusta para las diversas empresas.
3	Examinar el impacto en las operaciones comerciales con Linux, considerando su eficiencia, ahorro de costes y medidas de seguridad, así como posibles innovaciones.
4	Comprender cómo usar Linux para lograr objetivos de desarrollo sostenibles, demostrar cómo se puede promover empresas verdes, educación, innovación y atención ambiental.

Fuente: Elaboración propia

## 2.3. PREGUNTAS DE ANÁLISIS

Para ayudar a la investigación, se hacen estas preguntas:

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

Nº	Pregunta de análisis
1	¿Cuáles son las grandes diferencias entre el software abierto y el software cerrado en cuanto a permisos, precios, adaptabilidad y protección, y cómo cambian estas diferencias las decisiones de las empresas?
2	¿Cómo ha cambiado Linux desde que se creó en 1991 hasta ser una opción segura para los negocios, y cuáles han sido los momentos más importantes en su crecimiento?
3	¿Qué ventajas y desventajas tienen las empresas al usar Linux como su sistema operativo principal, y cómo afecta esto a su potencial y desarrollo del trabajo?
4	¿Cómo puede el uso de Linux ayudar a lograr las Metas de Desarrollo Sostenible, sobre todo en temas como la creación, la buena educación y el cuidado del planeta?

Fuente: Elaboración propia

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. DEFINICIÓN Y FILOSOFÍA DEL SOFTWARE LIBRE

El software libre es un sistema que te permite usar, copiar, compartir, observar el código, cambiar y mejorar todas sus operaciones. Estas libertades son clave y dan a la gente el poder sobre lo que usan y ayudan a que todos trabajen juntos para que los programas mejoren constantemente (Free Software Foundation, s.f.).

Los cuatro puntos clave que hacen especial al software libre son:

Nº	Libertad	Descripción	Fuente
1	Libertad de uso	Permite que la gente use el programa para lo que quiera, sin importar para qué lo necesiten o dónde lo usen.	Free Software Foundation (s.f.)
2	Libertad de estudio	Da el poder de ver cómo funciona el programa por dentro y cambiarlo para que haga lo que uno necesite, dando la posibilidad de ver el código fuente.	Free Software Foundation (s.f.)
3	Libertad de distribución	Se pueden dar copias del programa a otros, gratis o cobrando, para que más gente lo conozca y lo use.	Free Software Foundation (s.f.)
4	Libertad de mejora	Ayuda a que la gente modifique el programa mejorándolo y comparta esos cambios con la comunidad, fomentando así la mejora continua y el desarrollo colaborativo.	Free Software Foundation (s.f.)

Fuente: Elaboración propia

Estas libertades permiten a la gente tener acceso a perpetuidad sobre el software que posean, y así, no convertirse en una herramienta para que los creadores limiten sus libertades, dependiendo en exclusiva de los intereses de los mismos. La ausencia de dichas libertades implica que el software es privativo, lo cual restringe la capacidad de los usuarios para utilizar,

modificar o compartir el software según sus necesidades y deseos (Free Software Foundation, s.f.).

La idea del software libre comprende mucho más allá del aspecto técnico, abarca aspectos como la moral, la sociedad y política sobre la libertad y la igualdad en el mundo digital. Esta concepción que se resumiría en la libertad del usuario, trata sobre aquellos quienes usan el software libre deberían tener cierta autonomía básica para que existan justicia y equidad en el mundo virtual en el que vivimos (Free Software Foundation, s.f.).

Richard Stallman, creador del Proyecto GNU y la Free Software Foundation, fue clave para el avance y la promoción de las ideas del software libre. En 1985, Stallman publicó el «Manifiesto GNU». En él explica por qué se creó el Proyecto GNU y cuáles son sus objetivos. Destaca la importancia de que los usuarios sean libres al usar software. El manifiesto refleja la importancia de que los creadores puedan tener acceso al código fuente, modificarlo y distribuirlo, para que todos los usuarios puedan colaborar y mejorar los programas constantemente (Stallman, 1985).

La idea del software libre se opone directamente a las prácticas que por aquel entonces y hoy en día representa el software cerrado, que no permite a sus usuarios modificar aquello que gusten y, por lo tanto, no tienen control sobre la tecnología que usan. Estas restricciones pueden darse de muchas maneras, como no poder ver el código fuente u otras actividades que se han comentado previamente. Se piensa, desde la perspectiva que caracteriza al software libre, que estas limitaciones no son justas, ya que hacen que los usuarios dependan de los creadores o de quienes son dueños del programa. La idiosincrasia del software libre impulsa ideas como la cooperación, la transparencia y la responsabilidad compartida en el desarrollo tecnológico. Si dejamos que cualquier usuario revise, cambie y distribuya el software, se construye un lugar donde los datos se comparten sin problemas ayudando a que cualquiera con una buena idea pueda mejorarlo con el único objetivo de que otros puedan disfrutarlo. Esto no solo hace que el software sea mejor, sino que también le da poder a la gente y motiva a que participen activamente en el movimiento tecnológico (Free Software Foundation, s.f.).

El software libre tiene un impacto crucial en el apartado social y en la ética. Al asegurar que la comunidad siga teniendo el control del software que usa, se impulsa que cada uno sea más independiente y que no dependa de empresas o de programadores en particular. Esto es clave cuando el software es vital para estudiar, hablar o participar en política, ya que así nos aseguramos de que nadie ponga impedimentos injustos ni tenga un control externo abusivo. Asimismo, el software libre ayuda a cerrar las distancias digitales al lograr que instrumentos tecnológicos de vanguardia estén al alcance de más gente, sin importar su solvencia. Al quitar los obstáculos que imponen las licencias de software cerrado, se abre el camino a la tecnología y se impulsa la integración digital, dejando que más personas entren en la sociedad de la información y saquen provecho de lo que esta brinda (Free Software Foundation, s.f.).

### **3.2. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LINUX**

El sistema operativo Linux ha vivido un viaje interesante desde su nacimiento o mejor dicho, su creación en 1991, mutando hasta ser una pieza clave de la tecnología de hoy en día. Su avance es una prueba de la unión mundial, la innovación y la idea del software sin ataduras. Linux se creó combinando las ideas únicas de sus creadores con conceptos de anteriores

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

sistemas operativos. En 1969, Ken Thompson y Dennis Ritchie, expertos en computación, crearon Unix en los laboratorios Bell de AT&T, enseñando un sistema operativo que permitía la multitarea y para diversos usuarios, lo que abrió el camino a inventos que llevaron, como veremos, al sistema operativo del que trata este trabajo (Administración de Sistemas, s.f.). Con el objetivo de crear un sistema operativo gratuito y similar, Richard Stallman, físico y programador, inició el proyecto GNU a principios de la década de 1980, enfatizando que las personas deberían tener la capacidad de utilizar, observar, compartir y modificar el software sin ningún impedimento (Stallman, 1985). Si bien el proyecto GNU avanzó en su desarrollo, carecía de un corazón que pudiera mantener sus operaciones.

En 1984, Andrew S. Tanenbaum publicó MINIX, un sistema operativo que se parecía a Unix, hecho para que los alumnos entendieran cómo funcionaban los sistemas operativos (Tanenbaum, 1987). No fue posible usarlo o modificarlo sin una licencia, lo que llevó a Linus Torvalds a buscar una mejor alternativa.

En 1991, Linus Torvalds, un estudiante de informática en la Universidad de Helsinki, empezó a hacer un sistema operativo nuevo por su cuenta fraguando la última pieza clave para el proyecto GNU. Tomando ideas de MINIX pero queriendo más libertad y funciones, Torvalds anunció la primera versión de Linux en septiembre de 1991 (Torvalds, 1991). Esta noticia influyó en que la población de todo el mundo colaborará, dando inicio a una comunidad de código abierto muy activa.

La ruta de Linux ha tenido momentos clave que muestran su auge y uso:

Año	Versión	Hito principal	Comentario
1992	v0.12	Linux se publica bajo la Licencia Pública General de GNU.	Se integra al movimiento del software libre, permitiendo su distribución, modificación y uso abierto.
1994	v1.0	Primera versión estable de Linux.	Marca el inicio del uso real del sistema fuera del entorno académico o experimental.
1996	v2.0	Soporte para multiproceso simétrico (SMP).	Permite usar varios procesadores, aumentando el rendimiento en servidores y equipos profesionales.
1998	—	IBM, Oracle y otras empresas empiezan a apoyar Linux oficialmente.	El respaldo empresarial le da legitimidad y lo impulsa como alternativa seria a sistemas propietarios.
2003	v2.6	Grandes mejoras en rendimiento y escalabilidad.	Posiciona a Linux como una opción robusta para servidores y centros de datos de alto nivel.

2007	v2.6.22	Soporte para sistemas de archivos de 64 bits y hardware moderno.	Mejora la compatibilidad con nuevas tecnologías, fortaleciendo su uso generalizado.
2011	v3.0	Se reorganiza el código, mejorando eficiencia y ligereza.	Aunque no añade cambios drásticos, marca una nueva etapa en el desarrollo del núcleo.
2015	v4.0	Introducción de actualizaciones en vivo ("live patching").	Aumenta la seguridad y disponibilidad al permitir aplicar parches sin reiniciar el sistema.
2022	v6.0	Mejora en el rendimiento general y soporte para hardware más reciente.	Muestra que Linux sigue actualizado, competitivo y adaptado a las necesidades tecnológicas actuales.

Fuente: Elaboración propia

Hoy, Linux está en todas partes, como en teléfonos Android, superordenadores y centros de datos. Su forma de trabajo en equipo y su código abierto han creado un grupo mundial que siempre permite la mejora constante (Red Hat, s.f.). Esta aceptación general muestra lo útil y robusto que es Linux en diferentes ámbitos tecnológicos.

### 3.3. COMPARACIÓN ENTRE SOFTWARE LIBRE Y SOFTWARE PROPIETARIO

Tal como se dijo anteriormente, en el punto 3.1, se explicó qué es el software libre y su idea principal, haciendo hincapié en que busca la libertad, el trabajo en equipo y que el acceso al saber sea universal. En este apartado, vamos a comparar a fondo la historia entre software libre y el software privado, sin repetir lo mencionado anteriormente, mostrando sus diferencias, cómo se financian, su enfoque al afrontar la seguridad, su flexibilidad y cómo afectan a la ética y a la sociedad.

Desde un punto de vista puramente ideológico o simbólico, el software libre y el software propietario son dos formas muy distintas de pensar cómo se crea y se vende el software. El primero se basa en que las herramientas sean abiertas y que los usuarios puedan modificar y compartir el software, mientras que el segundo tiene reglas por parte de los creadores que no permiten ver el código fuente, así que no se puede alterar para que se adapte a lo que uno necesita. Esta diferencia de ideas no solo cambia cómo es cada tipo de software, sino también cómo se manejan los derechos y las obligaciones en el mundo digital.

En el aspecto económico, el software libre suele verse como una forma de reducir los gastos al ser gratuito. Pero en este plan se deben incluir los apoyos extra, como la ayuda técnica, ajustes a medida y soporte, lo que ayuda a las empresas a usarlo adecuadamente. Esto puede dar más libertad e implementar en mejor medida los recursos de los que ya se dispone, sobre todo si no hay una gran capacidad económica o si se produce un cambio adverso en el mercado. Al contrario, el software propietario exige la compra de licencias, lo que a veces supone gastos recurrentes y facturas sustanciales al principio. Este negocio busca maximizar

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

sus beneficios cerrando el código, lo que puede suponer un obstáculo a ideas nuevas y hacer depender más del proveedor del software (DiBona, Ockman, & Stone, 1999; Raymond, 1999).

La protección y la claridad son puntos clave donde se ven diferencias marcadas. Con el software libre, mostrar el código permite que muchos expertos lo revisen y arreglen de forma continuada. Esta claridad ayuda a encontrar y solucionar errores rápido, y da confianza a los usuarios, que pueden ver el estado del programa y su desempeño. En cambio, el software privado esconde su código, haciendo difícil revisarlo y creando dudas sobre si hay errores que el equipo no ha visto (Free Software Foundation, s.f.). Esta falta de claridad a veces se acepta por el soporte técnico que dan, que si bien suele ser más dedicado, no tiene porque ser personalizado, además de que se incurre en gastos adicionales que no siempre están contemplados en los costes iniciales presupuestados. Lo que hace que se dependa más de ellos puesto que no hay nadie más que pueda verificar el software provocando que haya riesgos de seguridad.

Poder cambiar partes de ese código y adaptarlo son diferencias importantes entre los dos softwares. El software libre, al ser abierto, se puede transformar para que encaje con cada empresa. Esta libertad ayuda a innovar y permite crear soluciones propias sin depender de una sola empresa. Por otro lado, el software privado no deja ver el código, así que no se puede adaptar y obliga a usar lo que ya está implementado. Esta falta de flexibilidad puede hacer más difícil responder a los cambios rápidos en la empresa o a las situaciones especiales que surjan (Raymond, 1999).

Al final, la ética y cómo afecta a la sociedad son de suma importancia y marcan la diferencia. El modo en que funciona el software libre ayuda a que todos puedan usar la tecnología. Así, se reducen las distancias entre quienes tienen acceso al ámbito digital y quienes no, dando más poder a los grupos de personas. Sin esto, quizás grupos de personas con menor cantidad de medios no podrían acceder a la tecnología por ser excesivamente costosa o tener muchas limitaciones si fuera de propiedad privada.

Esta visión que integra a todos impulsa a que la comunidad participe unida y a compartir sus conocimientos, requisitos muy importantes para construir una sociedad donde la información sea más justa. En cambio, el software propietario, al buscar cuidar sus derechos y maximizar beneficios, puede ayudar a crear un sistema cerrado que a veces no deja que el conocimiento se extienda ni que otros creen o innoven por su cuenta (Free Software Foundation, s.f.; DiBona, Ockman, & Stone, 1999).

Para terminar, comparar el software libre con el propietario muestra que hay plenitud de apartados importantes que se mezclan y que van más allá de lo técnico. Decidir cuál usar debe depender de lo que necesite cada lugar, de su coste, de qué tan seguro se espera que sea y de si está de acuerdo con lo que se cree que es correcto y justo para la sociedad. El software libre ayuda a que todos tengan las mismas oportunidades y a que este se adapte a las necesidades que surjan en la empresa, pero el software privado ofrece una solución completa y con apoyo de una gran empresa por lo general, aunque ofrece menor flexibilidad y hace que uno dependa de él. La decisión final requiere reflexionar en dónde se va a usar la tecnología y bajo qué condiciones.

### **3.4. LICENCIAS DE SOFTWARE: SOFTWARE LIBRE VS. PROPIETARIO**

El ámbito legal que regula el uso y reparto del software es tan crucial como los subterfugios técnicos propios de cada sistema. Los permisos, en este contexto, marcan el conjunto de reglas que delimitan el uso que pueden realizar tanto de los creadores como de los usuarios. Aquí se exponen las diferencias fundamentales entre los permisos del software libre y los del software propietario, mirando sus bases legales, conflictos morales, impacto en las novedades y su acople al mercado tecnológico.

En el mundo del software libre, los permisos tienen un papel clave para asegurar las libertades de los usuarios. Un caso claro es la GNU General Public License (GPL), que, con la figura del copyleft, fuerza a que cualquier software que se publique amparado en él se reparta bajo las mismas normas. Esta medida asegura que las libertades puras, ya dichas, se mantengan en cada actualización del software (Free Software Foundation, s.f.). La idea de la GPL es, en esencia, evitar que alguien se apropie de las mejoras o cambios, lo que apoya la colaboración mundial y deslocalizada, sin estructura de mando del desarrollo de software libre. Esta mentalidad choca de lleno con los permisos de software propietario, donde ver el código fuente está prohibido y darlo a otros está restringido a lo que diga el dueño de los derechos (DiBona, Ockman, & Stone, 1999).

En las licencias de software privado, se busca conservar la idea original y obtener las mayores ganancias posibles. Estos pactos legales ponen reglas sobre cómo modificar, distribuir o hasta usar el programa. No como en el software libre, donde se busca que más gente lo use y lo adapte, las licencias privadas evitan eso para que la empresa o creador, según corresponda, mantengan su modelo de negocio. Esto puede ayudar a que se creen diseños nuevos y haya soporte técnico inmediato, pero también puede frenar a los usuarios, que deben esperar a que el proveedor realice los cambios necesarios para el correcto funcionamiento de sus negocios (DiBona, Ockman, & Stone, 1999).

Además, es clave notar que las licencias son distintas en lo económico y en el control. El software libre se apoya en dar servicios extra, como ayuda técnica, consejos y ajustes, para seguir adelante sin cobrar por la licencia. El software privado casi siempre cobra por la compra, la renovación de las licencias y, en ocasiones, adhiere reglas que obligan su uso sólo en ciertos lugares o de determinadas formas (Raymond, 1999). Así, a la hora de elegir una licencia se debe determinar cómo se puede usar y transformar el programa, sabiendo cuáles son nuestras necesidades, puesto que dependiendo de esto, las limitaciones que nos pueda ofrecer el proveedor quizás no sean compatibles con el proyecto que se esté desarrollando afectando también en si los usuarios pueden costearlo y ser independientes tecnológicamente.

Por otro lado, la moral de las licencias también pide ser revisada. Tal como se dijo antes, la idea del software libre defiende que el conocimiento sea más abierto y que nadie impida usar la tecnología (Free Software Foundation, s.f.). Al contrario, las licencias privadas, al no dejar que se comparta o cambie el software, pueden hacer que solo algunos tengan el entendimiento del sistema, creando desigualdad para acceder a la tecnología. Esto es muy importante, no solo para la innovación, sino también para cómo se dan las oportunidades de crecer tecnológicamente en todo el mundo (DiBona, Ockman, & Stone, 1999).

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

En resumen las licencias de software libre y las de software privado son muy diferentes en cómo manejan y distribuyen el software. Como se dijo en la sección 3.1, el software libre busca que todos lo puedan usar, cambiar y compartir con la licencia de software como la GPL, pero el software privado no deja ver el código y protege sus ingresos. Escoger entre uno y otro es pensar en lo técnico y económico, pero también en lo moral y social, argumentos que determinan quién puede innovar, ser independiente y usar el conocimiento tecnológico.

### 3.5. IMPACTO DE LINUX Y EL SOFTWARE LIBRE EN LA SOCIEDAD

La influencia de Linux y el concepto del software libre en la población ha sido significativo y con diversas partes, llegando a zonas como las escuelas, el gobierno, las empresas y la vida social. Tal como se dijo antes (como se comenta en los puntos 3.1 y 3.3), el software abierto se basa en ideas que dan acceso, libertad y ayuda mutua, lo que ha hecho que iniciativas como Linux cambien no solo la tecnología, sino también cómo las personas usan la tecnología.

En las escuelas, Linux ha hecho más fácil crear entornos para aprender, que son sencillos de usar y modificar. Que haya sistemas operativos con código accesible ha ayudado a las escuelas y universidades a usar programas que no solo reducen los precios de las licencias de software, sino que también ayudan a aprender profundamente sobre ordenadores. Al tener el código fuente, los profesores y los estudiantes pueden estudiar y cambiar el software a su gusto, lo que ayuda a entender cómo se diseña el software y anima a crear herramientas nuevas en la educación (Raymond, 1999). Esta forma de transmitir a todos el conocimiento ayuda a formar profesionales que pueden crear soluciones para las necesidades de sus comunidades.

En el gobierno, el uso de Linux u otros programas ha desembocado en el resultado de una mayor eficiencia y una reducción del consumo. Muchos gobiernos han migrado a Linux para no depender tanto de empresas privadas y reducir sus costes en permisos o licencias, lo que ayuda a una mejor administración del dinero público. Además, poder revisar y cambiar el software que se usa en el gobierno ayuda a ser más responsables y mejora la seguridad de los sistemas críticos, permitiendo que las personas participen más en revisar las políticas acerca de tecnología (DiBona, Ockman, & Stone, 1999).

Las empresas también se han beneficiado del uso Linux. Empresas de todos los tamaños han usado lo flexible y robusto que es este sistema para crear soluciones a su medida para que puedan crecer. Que el software libre sea colaborativo ayuda a innovar dentro y a usar herramientas modernas, lo cual es clave en un mundo donde la competencia depende sustancialmente de poder adaptarse rápido según lo que se necesite. También, al invertir menos en permisos de software propietario, las empresas pueden usar ese dinero en investigar y crear, haciendo más sólida su competitividad (Red Hat, s.f.).

Visto desde la perspectiva social y ética, el software libre ha servido sobradamente para reducir las diferencias digitales. Que Linux se encuentre de forma gratuita y se permita modificar, ayuda a que zonas con escasos recursos accedan a diversas herramientas tecnológicas que no estarían disponibles de otras formas. Ayuda al desarrollo de la economía y anima a la gente a introducirse en la sociedad de la información. Poder compartir y transformar el software ayuda a fundar iniciativas tecnológicas locales y formar grupos que

trabajan juntos sin importar dónde estén, buscando un desarrollo más justo y duradero (Free Software Foundation, s.f.).

Aparte, que el software libre permita que todos trabajen colaborativamente ha sido clave para que haya ideas nuevas en todo el mundo. Que miles de expertos y gente que lo usa ayuden a que Linux mejore continuamente, ha traído avances para diversos lugares. Esta forma de ser abiertos no solo ayuda a encontrar y arreglar problemas más rápido, sino que también distribuye el conocimiento y crea grupos de gente que se especializan en tecnología. Lo novedoso que surge de esta iniciativa es que todo lo creado sirve para mitigar numerosos problemas que nos acechan hoy en día, desde la seguridad en internet hasta los procesos en la nube que progresan paulatinamente (Raymond, 1999).

La huella de Linux y el software libre destaca en múltiples partes: desde hacer más fácil adquirir conocimiento y bajar los gastos en colegios y gobiernos, hasta proveer de robustez a las ideas nuevas en las empresas y ayudar a que más gente use la tecnología. Usar estas formas de ciencias aplicadas no solo ayuda al desempeño económico y laboral, sino que también apoya valores como la claridad, la participación y la justicia. Estas ideas, a la vez, ayudan a crear sociedades más parejas y compactas en este mundo donde la tecnología transforma aquello en lo que se ve involucrada.

### **3.6. DISTRIBUCIONES DE LINUX: CARACTERÍSTICAS Y DIFERENCIAS**

Las versiones de Linux son como rompecabezas complejos que mezclan el centro de Linux con programas, herramientas y escritorios, listos justo para las necesidades que cada usuario requiere. Como ya vimos anteriormente, el software libre es abierto y se puede modificar, cada versión muestra diferentes ideas y las más relevantes, según a quién vaya dirigido, aportándoles las herramientas de mayor valor a cada uno y para qué se va a usar.

Si lo vemos desde una perspectiva más técnica, algunas versiones están hechas para ser muy estables y seguras. Por ejemplo, Debian es una gran opción donde la robustez y la confianza son clave. La comunidad de Debian se enfoca en que sus paquetes sean estables y en comprobarlos exhaustivamente, lo que la hace perfecta para servidores y ordenadores en lugares de suma importancia (Debian Project, s.f.).

Por otro lado, Ubuntu, que viene de Debian y es apoyada por Canonical Ltd., busca ser sencilla de usar para todos. Ubuntu se ha vuelto popular en escuelas y para uso personal porque es fácil de entender, se actualiza continuamente y dispone de mucha ayuda ya publicada, lo facilita empezar a usar el software libre (Canonical Ltd., s.f.). Esta diferencia entre Debian y Ubuntu muestra cómo, desde algo parecido, las versiones pueden cambiar esencialmente para cubrir necesidades específicas.

Por otro lado, Fedora brilla por su dedicación por introducir lo más novedoso. Esta Iniciativa, apoyada por la comunidad y que Red Hat Inc. financia, es como un ensayo donde prueban implementaciones experimentales que a veces acaban en la versión de pago. Su idea de ser vanguardistas la hace ideal para quienes crean nuevas herramientas y para los que quieren implementar lo más nuevo en software (Fedora Project, s.f.).

Para aquellos más experimentados, distribuciones como Arch Linux dan una sensación simple y que se puede transformar sustancialmente. Arch Linux siempre está innovando así

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

que el sistema siempre está actualizado y se adapta a lo que necesites. La filosofía de "hazlo tú mismo" te enseña mucho del sistema, pero te pide invertir una mayor cantidad de tiempo y un conocimiento superior sobre el funcionamiento del software que se está manejando, debido a que en esta distribución es el usuario el que se encarga de configurar todo aquello que necesite en su sistema operativo, añadiendo complejidad pero mayor flexibilidad que otras distribuciones de las que hemos estamos comparando (Arch Linux, s.f.).

En el mundo de las empresas, los sistemas para servidores, como Red Hat Enterprise Linux (RHEL) y SUSE Linux Enterprise, destacan por su ayuda técnica de expertos, sus sellos de seguridad y su forma de trabajar pensada para actividades comerciales más relevantes e importantes. Estos sistemas mezclan lo sencillo de usar software libre con gente que te aconseja y te ayuda, para que las empresas tengan sistemas robustos y seguros donde todo tiene que funcionar excepcionalmente puesto que los errores suponen amonestaciones económicas inasumibles por algunas entidades (Red Hat Inc., s.f.; SUSE, s.f.).

Vale la pena recalcar que, si bien todas estas opciones comparten un núcleo similar, sus diferencias radican en cómo se planean y en lo que cada grupo o negocio quiere lograr con ello. Tal como se dijo previamente, el software libre busca que todos tengan el mismo acceso al saber y que se pueda cambiar según se necesite, lo cual se ve en las muchas opciones que hay. Esta variedad no solo mejora el mundo de Linux, sino que también ayuda a que personas con gustos y necesidades distintas hallen algo que les satisfaga, ya sea que busquen que sea estable, nuevo o que lo puedan modificar según sus necesidades.

La gran cantidad de opciones de Linux muestra lo flexible y adaptable que es el software abierto. Mientras que algunas distribuciones, como Debian y Ubuntu, dan más importancia a que sean fáciles de usar y que no fallen, otras, como Fedora y Arch Linux, se centran en lo nuevo y en que cada uno pueda adaptar el software a sus necesidades. Las opciones diseñadas para negocios, como RHEL y SUSE Linux Enterprise, añaden soluciones sólidas y con apoyo de empresas, lo que ayuda a que se usen en materias importantes. Esta variedad es una de las cosas que ha hecho que Linux sea exitoso y que se use en todo el mundo.

### 3.6.1. Distribuciones generales

Las versiones comunes de Linux buscan complacer a una amplia cantidad de usuarios, desde aquellos más novatos en el mundo del software libre hasta los expertos que quieren lugares de trabajo flexibles y recios. Estas versiones se distinguen por dar un sistema operativo completo y sencillo, con programas de instalación visuales fáciles de entender, pantallas de escritorio modernas y una gran cantidad de programas ya listos para usar que hacen más fácil la vida del usuario. Por ejemplo, Ubuntu se ha hecho famoso en todo el mundo gracias a su atención a la sencillez y la facilidad de uso. Ubuntu, que se basa en Debian, incluye actualizaciones constantes, soporte a largo plazo y un gran grupo de personas que ayudan a solucionar problemas y que se encargan de divulgar conocimiento, lo que la convierte en una gran opción tanto para el hogar personal como para escuelas (Canonical Ltd., s.f.).

Aparte de Ubuntu, hay otros sistemas operativos que han encontrado su lugar en el mundo digital gracias a sus características especiales. Linux Mint se ha hecho popularizado por tener un entorno sencillo de usar, como si se estuviera en Windows o Mac. Linux Mint se preocupa por ser estable y práctico, con herramientas que puedes usar al instante sin tener que modificar significativamente (Linux Mint Team, s.f.). Por otro lado, elementary OS se diferencia

debido a que se ve muy simple y ordenado, buscando que sea estético y útil a la vez, pero sin perder la robustez del sistema. Esto ha gustado a personas que quieren que sus escritorios se vean más ornamentales y funcionen con presteza, mostrando que el software libre puede ser excelente en diseño y en usabilidad.

Estos sistemas operativos muestran cómo Linux puede complacer a muchos perfiles diferentes, ayudando a que todos tengan acceso a la tecnología. Al proveer un ambiente idóneo para utilizar y modificar a nuestro gusto, estas opciones permiten que las personas se concentren en aprender y trabajar sin contraer los problemas de otros sistemas operativos más complicados o cerrados. Disponer de una exuberante cantidad de bibliografía y lugares donde solicitar ayuda de la comunidad, junto con la idea de trabajar colaborativamente para mejorar estos sistemas, hace que sean muy útiles en escuelas, hogares y negocios pequeños, siendo una forma de entrar al mundo del software libre.

### **3.6.2. Distribuciones empresariales**

Las versiones Linux para negocios buscan cumplir con lo que exigen los trabajos habituales donde mismamente nosotros desempeñamos habitualmente nuestra actividad, donde lo más importante es que todo funcione adecuadamente, sin errores, esté seguro y haya gente que sepa solucionar cualquier incidencia. No son como las versiones habituales para el usuario medio, pues estas están diseñadas para los sistemas complejos de una empresa, cuidando que todo rinda apropiadamente y que se cumpla con las reglas de seguridad. Un buen ejemplo es Red Hat Enterprise Linux (RHEL), muy usada en empresas por ser robusta, escalable y con una gran atención a incidencias inmediatas. RHEL junta las ventajas de poder usar el software de forma personalizada, con un negocio que te da consejos, enseña y planea las actualizaciones, lo que ayuda a las empresas reducir sus incidencias y a invertir adecuadamente en su infraestructura (Red Hat Inc., s.f.).

Hay más versiones, como SUSE Linux Enterprise Server (SLES) y Oracle Linux, parecidas para el sector empresarial. Estas plataformas proporcionan certificaciones de hardware, opciones avanzadas de gestión y monitoreo, y apoyo dedicado para aplicaciones críticas. Por ejemplo, SUSE se destaca por su capacidad para integrarse en infraestructuras habitualmente diferentes y su énfasis en la interoperabilidad, mientras que Oracle Linux busca ser más económica pero rápida para trabajos pesados (SUSE, s.f.; Oracle Corporation, s.f.). También hay versiones como CentOS Stream, que unen las versiones experimentales con las versiones seguras de RHEL, mostrando cómo se avanza y transforman estas versiones empresariales, ayudando a las empresas a prepararse para los problemas futuros sin que sus sistemas palidezcan.

La versión empresarial llega hasta el control total y el manejo extenso. Estas opciones brindan instrumentos exactos para hacer las tareas de forma autónoma, juntar procesos y para establecer reglas o normas que garanticen la defensa y seguridad, algo vital donde tener todo listo y cuidar los datos es clave. Además, el acuerdo firmado con la entidad responsable del software y la promesa de actualizaciones constantes ayudan a prepararse para las adversidades futuras, reduciendo la incertidumbre y permitiendo que las empresas concentren su actividad sin pensar en los diversos problemas que surjan en el sistema operativo.

### 3.6.3. Distribuciones en sectores nicho

El universo Linux también se extiende de formas que apuntan a usos muy concretos o para ámbitos más específicos, como las llamadas distribuciones nicho. Estas opciones buscan dar el mejor desempeño en áreas o más concretamente en empresas que operan en sectores menos populares pero que aun así son necesarios y posiblemente muy rentables debido a la escasez de competencia, otorgando a dichas empresas configuraciones listas que se pierden de adversidades al instalarlas y que encajan con necesidades muy específicas adaptadas a esos sectores.

En el mundo de la seguridad digital, Kali Linux es una de las distribuciones más famosas que hay. Hecha por Offensive Security, Kali Linux incorpora gran cantidad de herramientas para comprobar la protección frente a diversos ataques externos, buscar pistas forenses y revisar la seguridad, asegurándose de que todas las medidas disponibles de protección se encuentren en funcionamiento. Esta distribución de Linux se actualiza constantemente para combatir los numerosos peligros y errores que se vayan desarrollando, y se usa principalmente en el sector educativo y por expertos informáticos especializados en ciberseguridad (Offensive Security, s.f.). Lo característico de Kali Linux es que permite a los expertos y a los aficionados o entusiastas disponer de un entorno funcional y preparado para controlar la seguridad digital, haciendo su uso más sencillo al permitir manejar las herramientas relevantes.

En el sector privado y la seguridad de la información, Tails (The Amnesic Incognito Live System) es clave para usuarios que buscan anonimato y seguridad total al hablar con otros. Tails funciona en modo live, como un fantasma, sin dejar huella en el aparato que usas, perfecto si la privacidad es vital, como al investigar noticias, para el periodismo de investigación o la defensa de los derechos humanos (Tails Project, s.f.). Que Tails actúe de forma segura y sin ser detectado muestra lo útil que es el software libre para cuidar tu seguridad personal y tus datos.

También, en el universo de los sistemas embebidos y la enseñanza, Raspberry Pi OS (antes Raspbian) es un sistema hecho a medida para dispositivos que gastan poca energía, como los mini-PCs Raspberry Pi. Este sistema ha ayudado mucho a que la tecnología esté disponible para todos, dando a grupos con ingresos reducidos acceso a herramientas de computación excelentes de forma económica. Raspberry Pi OS no solo educa, sino que también anima a implementar proyectos de máquinas automáticas, internet de las cosas y la creación de software en lugares rurales o países en vías de desarrollo, impulsando ideas locales y la formación en tecnología (Raspberry Pi Foundation, s.f.).

Además, hay versiones únicas diseñadas para impulsar la creatividad, crear y dibujar, como es el caso de Fedora Design Suite, que junta programas para la edición de fotografía, videos y sonido. Estas ideas son para los entendidos, los entusiastas y fans del diseño, otorgando un entorno sencillo que facilita la expresión artística. Que existan estas versiones específicas muestra que Linux puede ser flexible y ayudar en el desarrollo de aquellas tareas ocultas para el público general permitiendo que las necesidades de estos usuarios queden satisfechas por Linux, cuando no hay herramientas generalistas para estas tareas.

### 3.7. ARQUITECTURA DE SISTEMAS OPERATIVOS

El diseño interno de un sistema operativo alude al orden y forma en que se organiza para controlar los recursos físicos y dar servicios a los programas. Este diseño es como el armazón que apoya el funcionamiento del sistema, y entenderlo es clave para ver cómo mejora su velocidad, seguridad y capacidad. Aquí, se hablará de los diseños de Windows y Linux, dando ejemplos claros y sencillos para mostrar sus diferencias básicas y cómo se usan en la vida diaria.

#### 3.7.1. Arquitectura de Windows

La forma en que está construido Windows usa módulos y niveles, donde cada parte realiza una tarea especial que, al unirse, hace que el sistema funcione adecuadamente y sin problemas. Esto se parece a un edificio ordenado, donde en cada piso se realiza una actividad, pero todos juntos hacen que el edificio funcione y tenga sentido, adaptando el ejemplo a una empresa en cada piso se encontrarían diferentes departamentos pero el edificio compone la actividad total de la empresa, estando estos departamentos interrelacionados para lograr llevar la actividad hacia su natural resolución.

En el centro de Windows está el kernel, que se encarga de administrar las tareas vitales y básicas, como el uso de la memoria, controlar los procesos, la seguridad y los dispositivos conectados. El kernel trabaja en "modo kernel", que puede usar todos los recursos disponibles del hardware. Por ejemplo, piense en el kernel como el motor de un coche, es lo principal que hace que todo funcione adecuadamente. Además del "kernel", Windows usa la Capa de Abstracción de Hardware (HAL), que ayuda a que el hardware y el sistema operativo se entiendan, así Windows puede funcionar en diferentes equipos sin tener que modificar sustancialmente el software (Microsoft Corporation, s.f.; Silberschatz, Galvin, & Gagne, 2014).

Además, Windows hace una curiosa distinción entre: el modo núcleo y el modo usuario. El modo núcleo lo usan las piezas del sistema y los mandos de los aparatos, mientras que el modo usuario guarda las apps y cosas que el usuario ve. Esto se parece a un lugar de comida donde la cocina (modo núcleo) hace la comida bien hecha y segura, y el comedor (modo usuario) es donde la gente come sin saber cómo va la cocina. Esta división cuida el sistema evitando que las apps del usuario hagan daño al núcleo (Russinovich, Solomon, & Ionescu, 2012). Otra cosa clave en cómo está hecho Windows es cómo introduce subsistemas para que haya apps variadas. Por ejemplo, antes Windows traía el Subsistema POSIX para ser compatible con apps Unix, dejando usar software de otro tipo en Windows. Aunque este sistema esté en desuso, enseña cómo Windows se hizo para ser flexible y cambiar según lo que se necesite (Silberschatz et al., 2014).

En conclusión, la estructura de Windows se distingue por su diseño modular y su habilidad para segmentar funciones esenciales en diferentes capas de operación, lo que asegura la estabilidad, la seguridad y la compatibilidad del sistema. Esta configuración posibilita que Windows se ajuste a contextos corporativos y a aplicaciones individuales, proporcionando una plataforma sólida y flexible para una variedad extensa de aplicaciones.

### 3.7.2. Arquitectura de Linux

La forma en que Linux está hecho, a diferencia de Windows, se basa en un núcleo principal que se puede modificar prácticamente en su totalidad y que permite añadir incluso partes extra. Para que esto se entienda mejor, podemos pensar en Linux como una fábrica donde el centro es la máquina más importante, que puede realizar infinidad de tareas, y las partes extra son como piezas que se añaden o se extraen en función de lo que se necesite hacer.

El centro de Linux es la parte principal que hace que el hardware y el software se comuniquen entre sí. Se encarga de organizar los procesos, controlar la memoria, manejar los aparatos y mantener la seguridad. A diferencia de un núcleo más reducido, donde muchas tareas se realizan fuera de éste, Linux hace la mayoría de estas tareas dentro del núcleo. Esto permite un mejor desempeño, ya que no hay que hablar tanto entre las partes, esta reducción de las numerosas interacciones entre el hardware y el software permite a Linux una mayor eficiencia para tareas concretas (Love, 2010).

Algo especial de Linux es que puede añadir partes nuevas sin tener que apagar y volver a encender el sistema. Esto significa que se pueden añadir o extraer módulos según lo que se necesite. Pensemos en el núcleo como un coche, este es completamente funcional para la tarea básica de llevarnos de un lugar a otro de la forma más económica y rápida posible, pero tenemos la posibilidad de mejorar nuestra experiencia o las funcionalidades del vehículo añadiendo los diferentes extras que nos permiten incorporar al adquirirlo (como un GPS, cámaras o sensores) sin cambiar lo principal del coche. Esto hace que Linux sea muy adaptable, permitiendo a los que lo manejan cambiar el sistema para que funcione lo mejor posible y sea seguro según lo que necesiten (Tanenbaum & Bos, 2015).

Una diferencia clave reside en cómo Linux separa al usuario del núcleo, usando llamadas al sistema. Actúan como enlaces, dejando que las apps soliciten la información al núcleo de forma segura. Esta división evita que las apps interactúen de forma directa con el hardware, evitando errores del sistema innecesarios. Como en Windows, esto es como un edificio: lo público (modo usuario) es para todos, pero lo privado (modo kernel) solo para personal autorizado, cuidando la estructura (Silberschatz et al., 2014).

La comunidad Linux es vital para su desarrollo. El código abierto del núcleo deja que miles de personas lo mejoren colaborativamente, sumando rápido tecnologías nuevas y afinando el sistema. Esto ha permitido que Linux se adapte a diversos hardwares, desde superordenadores hasta dispositivos móviles, mostrando su desempeño y funcionalidad a nivel global (Free Software Foundation, s.f.). Además, la estructura de Linux promueve la transparencia y la auditabilidad del código. Al ser el código fuente accesible para todos, es posible identificar y solucionar vulnerabilidades de forma colaborativa. Este enfoque abierto se diferencia de los sistemas propietarios y ha ayudado a que Linux sea considerado una alternativa segura y confiable, particularmente en contextos donde la seguridad es fundamental.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Este estudio actual se basa en una forma de investigación combinada, uniendo ideas cualitativas y cuantitativas para entender por completo la problemática que planteamos al principio. Este procedimiento se eligió para recabar toda la información tanto la positiva como las vivencias y la opinión del público general sobre usar Linux y el software libre, como para poder medir su alcance y sus beneficios en diferentes contextos como las compañías y ámbitos sociales.

En la parte más centrada en los aspectos subjetivos contabilidad o las características que dan validez a nuestro estudio, la parte cualitativa, se busca indagar sobre los aspectos, la cultura y las ideas en las que se apoya el uso del software libre. Esta parte del estudio se sustenta en la revisión de la literatura, análisis de casos de estudio y entrevistas a expertos en la materia, lo que permite identificar patrones, percepciones y narrativas que nos indicarán como Linux ha afectado al desarrollo tecnológico. Según varios expertos ,este tipo de investigación es esencial para comprender las implicaciones del avance tecnológico en un grupo de individuos (Creswell, 2014).

Por otro lado, la parte numérica o cuantitativa, mide y compara objetivos como ahorro económico, eficiencia en las gestiones y cómo influye a la seguridad de los sistemas usar Linux en vez de otros programas cerrados. Para ello, se usarán formas de contabilizar y encuestas a empresas que han desplegado estas tecnologías, lo que dará datos reales que apoyen los datos hallados en la parte cualitativa. Este enfoque mixto ayuda a recabar los datos, haciendo que los resultados sean más válidos y gocen de mayor seguridad (Yin, 2018).

Combinamos dos tipos de datos (cuantitativos y cualitativos) simultáneamente, pues así entendemos mejor lo que observamos. Las historias nos dan fondo y color, y los números nos proporcionan los datos empíricos. Esta idea es común en estudios sociales y nos ayuda a explicar la problemática, además aportar ideas que sirvan para tomar decidir.

Al final, esta forma de pensar fija su mirada en cómo el software libre, tipo Linux, influye en la tecnología y la gente. Mezclando métodos cualitativos y cuantitativos, el estudio busca dar una base sólida para abordar las problemáticas planteadas y crear nuevas soluciones tecnológicas.

### 4.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Este estudio que comienza con la investigación documental, proporciona un marco para comprender el tema y construir las bases teóricas para el análisis. El objetivo es analizar diversas fuentes rigurosas, materiales escritos y comentarios expertos que ofrecen información sobre los cambios, los desafíos que enfrenta el software libre, particularmente Linux y los sistemas de pago.

Esta revisión se ocupa principalmente de explorar los conceptos fundamentales que dan forma a la filosofía del software libre. Tal como se mencionó en la sección 3.1, personalidades como Richard Stallman (1985) y entidades como la Free Software Foundation resaltan lo crucial que es permitir a cualquiera emplear, analizar, cambiar y distribuir el software. Múltiples

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

estudios han examinado el impacto de estas prerrogativas en el trabajo colaborativo y la disponibilidad de conocimiento (Free Software Foundation, s.f.; Raymond, 1999). En este sentido, varias publicaciones han comparado las licencias de software gratuitas con el software propietario y examinaron cómo afectan tanto el desarrollo técnico como la estructura económica (DiBona, Ockman & Stone, 1999).

Por otro lado, una parte significativa del examen se dedicó a observar cómo evolucionó Linux y qué llevó a las personas a adoptarlo. Los investigadores documentaron la aparición de Linux en 1991 y su posterior impacto en la tecnología en todo el mundo. Varios estudios y evidencias legítimas revelaron que los programas desarrollados por individuos desempeñan un papel crucial en el desarrollo y la adaptación de Linux, lo que lleva a su adopción generalizada en el gobierno, las escuelas y las fábricas (Torvalds, 1991; Love, 2010). La clave para comprender la evolución del software libre y su uso universal es a través de una perspectiva histórica.

Además, es posible identificar los últimos acontecimientos e información inexplorada examinando numerosos libros y artículos. Aunque numerosos documentos han destacado el valor del software libre en términos de tecnología y ganancia financiera, es esencial examinar sus implicaciones sociales. La nueva investigación sobre el papel de Linux en habilitar el acceso y la participación de la tecnología es crucial, especialmente con la digitalización del mundo (Webster & Watson, 2002; Creswell, 2014).

La revisión incluyó sumergirse en bases de datos académicas, como IEEE Xplore, ACM Digital Library y Google Scholar. Esto nos proporcionó una gran cantidad de información para garantizar que la información esté actualizada y confiable. Al utilizar un método ordenado, el estudio pudo fusionar estudios antiguos con la investigación moderna, produciendo una comprensión integral que mejore la teoría de este experimento.

En última instancia, leer libros y artículos no solo soluciona el problema, sino que también proporciona orientación para formular conceptos/instrucciones para la investigación. La recopilación de lo que se ha escrito exhibió la necesidad de una exploración adicional, lo que hace que este trabajo sea crucial. En pocas palabras, esto ha sido vital para crear una base teórica sólida que une las ideas del software libre y Linux con lo que significan en la práctica y para la sociedad.

### 4.3. ESTUDIO COMPARATIVO

El estudio comparativo es crucial, pues nos permite observar las cualidades, su influencia y todas aquellas dificultades a las que el software libre (tipo Linux) y el software privado se han enfrentado. Lo hacemos comparando la bibliografía, posicionándonos desde la perspectiva de la gente y comprobando las ventajas y desventajas en cada caso.

Para analizar esta situación, dividimos el estudio en tres partes: la parte económica, la adaptabilidad frente al cambio y el apartado de seguridad. En la sección económica, observamos la aportación inicial y los sucesivos gastos recurrentes que hay que seguir efectuando. Algunos dicen que el software libre es más económico al principio, pero hay que invertir en los salarios de la gente que sepa manejarlo adecuadamente (DiBona, Ockman, & Stone, 1999). El software de código cerrado, en cambio, pide una gran suma para empezar y mantenerlo, lo que complica a los que no disponen de mucho presupuesto.

En cuanto a modificar y adaptar a las necesidades propias, el software libre te permite acceder al código fuente para que aquellas partes que necesitan ser añadidas, modificadas o eliminadas, sea posible su transformación. Esto ayuda a crear implementaciones nuevas y ayuda a juntarlo con otros programas, permitiendo que todos trabajen compaginadamente (Raymond, 1999). El software privado, como no te autoriza a ver el código, no te concede la misma libertad para modificarlo o reaccionar eficientemente a cambios en el mercado.

En el apartado de seguridad, el análisis comparativo se enfoca en cómo el mostrar el interior del programa en el software libre da la oportunidad de comprobaciones constantes y localizar ávidamente los puntos débiles, al revés que los sistemas cerrados, donde el no dejar ver el interior del programa puede ralentizar el proceso búsqueda y arreglo de errores críticos (Free Software Foundation, s.f.). Estas disparidades son muy relevantes cuando asegurar los datos y que todo siga funcionando correctamente es el objetivo principal.

El estudio de comparación se basa en una combinación de métodos, lo que permite incorporar una gran cantidad de perspectivas e ideas de calidad. La bibliografía da una base teórica consistente, mientras que los ejemplos y los datos sacados de encuestas y análisis estadísticos dan pruebas reales sobre las ventajas y desafíos de cada modelo. Esta manera de entender adecuadamente lo que sucede, permite que aquella información que se considere relevante se transforme en formas prácticas para usar tecnologías basadas en software libre o privado, según lo que necesiten las empresas.

Además, el análisis profundiza en varias dimensiones: desde la capacidad de ampliación e integración en sistemas complejos hasta el impacto que cada modelo tiene en la cultura.

#### **4.4. CASOS DE ESTUDIO**

Los ejemplos prácticos son esenciales para que se realice el estudio. Al examinar el uso práctico de Linux y el software libre, podemos comprender sus capacidades. En los libros de estudio, este método es ampliamente reconocido y demuestra hallazgos significativos, problemas que no se encuentran solo en estudios con datos numéricos (Yin, 2018; Creswell, 2014).

Para este análisis, elegimos ejemplos de empresas, gobiernos e instituciones académicas. Cada ejemplo fue elegido por su importancia, la disponibilidad de los datos y su capacidad de mostrar adecuadamente lo positivo y lo negativo de usar software libre.

Para la obtención de datos, se recopilaron numerosas entrevistas disponibles online con líderes en tecnología y gestión, se revisaron documentos y se observó el empleo del software en diversas compañías. Según los estudios cualitativos (Yin, 2018), la información puede ser validada por este procedimiento. También, comparamos los ejemplos para encontrar similitudes y diferencias según cada compañía.

Observar el coste de instalar Linux en comparación con el software comercial y su impacto en el rendimiento y la seguridad del sistema fue intrigante. La contribución significativa de innumerables personas a la mejora de Linux ha resultado en que las empresas reduzcan sus costes en licencias y programas, al tiempo que abordan los problemas más rápidamente. El uso de Linux en el gobierno condujo a un proceso de gasto más eficiente, lo que permitió a

las personas participar y observar el programa de manera más efectiva permitiendo revisiones constantes sin ningún coste adicional.

## 5. ANÁLISIS

### 5.1. ANÁLISIS DEL USO DE LINUX EN EL ENTORNO EMPRESARIAL

En las últimas décadas, Linux se ha convertido en una opción popular para las empresas que buscan mejorar la tecnología, reducir los costes y mantener la seguridad y la flexibilidad. Esta investigación se basa en una combinación de factores económicos, técnicos y psicológicos para comprender las razones detrás de la preferencia de Linux por las empresas actuales.

Al examinar el aspecto financiero, Linux es una excelente opción para los usuarios conscientes del presupuesto. La ausencia de tarifas de licencia y la capacidad de diseñar artículos personalizados sin depender de un solo proveedor permiten a las empresas usar su dinero para innovar y mejorar continuamente (DiBona, Ockman, & Stone, 1999). Las empresas que optan por Linux generalmente indican una disminución en los gastos, como licencias y mantenimiento, lo que finalmente resulta en mayores ganancias a largo plazo.

Linux es un sistema operativo confiable, estable y seguro que se destaca en términos de su fuerza técnica. El método de crear, mediante el cual todos revisan y mejoran el código, permite la rápida resolución de errores críticos u otros menores (Free Software Foundation, s.f.). Las empresas que requieren protección de datos dependen en gran medida de este aspecto y lo consideran un factor crucial. Además, su flexibilidad le permite intercambiar sus componentes e integrarse en cualquier tipo de dispositivo. Las empresas pueden personalizar sus sistemas operativos de acuerdo con las preferencias, lo que les permite utilizar sus programas más importantes según sea necesario (Love, 2010).

Además, la utilización de Linux inculca un deseo entre el equipo de innovar y colaborar en nuevos proyectos. Hay numerosas versiones disponibles, que van desde las más populares como Ubuntu y Linux Mint hasta las producidas por compañías como Red Hat Enterprise Linux. Cada empresa selecciona la ideal en función de su rendimiento y el soporte que recibe. La presencia de competencia y educación mutua es crucial en el mundo digital moderno, ya que permite a las personas aprender y compartir su propio conocimiento. (Red Hat Inc., s.f.).

La contribución de Linux a la cooperación y el intercambio de estándares entre los sistemas es significativa. Al ser transparente y trabajar con múltiples tecnologías, Linux hace posible integrar a la perfección los sistemas y cambiar entre tecnologías. Esto es muy útil para empresas que trabajan en todo el mundo, donde poder conectar sistemas y adaptarse rápido es clave para triunfar (Tanenbaum & Bos, 2015).

En última instancia, la utilización de Linux en las empresas no depende únicamente del conocimiento técnico o los recursos financieros. El uso de software libre puede fomentar una sensación de colaboración, intercambio de información y autonomía tecnológica, lo que provoca una reflexión sobre la forma en que uno piensa. Las empresas generalmente pueden adaptarse y fortalecerse en un mundo tecnológico en constante evolución debido a esta mentalidad de cambio.

La utilización de Linux en las empresas es una estrategia multifacética que implica múltiples dimensiones, como el dinero, la tecnología y la cultura. Para las empresas que buscan competir digitalmente en el siglo XXI, Linux se ha convertido en una solución rentable que reduce los costes, es potente y adaptable, y fomenta la innovación y la colaboración. La investigación y los ejemplos prácticos demuestran que esta característica es una herramienta valiosa para que las empresas se adapten a los avances tecnológicos.

## 5.2. CASOS DE ADOPCIÓN DE LINUX EN EMPRESAS

Con el tiempo, las empresas han incorporado Linux en sus operaciones porque disponen de rentabilidad y conveniencia al tiempo que ofrecen capacidades de procesamiento de información y trabajo más rápidos. La disponibilidad de Linux, su capacidad para ser libre y su potencial para manejar tareas complejas y adaptarse a las tecnologías cambiantes han llevado a muchas compañías a cambiar al sistema operativo.

Por ejemplo, IBM fue de los primeros en usar Linux en sus servidores y para crear soluciones en la nube además IBM contribuye al desarrollo de Linux al colaborar con otras organizaciones y buscar conceptos novedosos, además de usar el sistema operativo (DiBona, Ockman, & Stone, 1999). Este paso ha permitido a IBM mejorar sus centros de datos, reducir los gastos asociados con las licencias de programas de pago y mejorar la seguridad de sus servicios.

Otra empresa importante es Oracle, que creó Oracle Linux, que viene de Red Hat Enterprise Linux (RHEL). Oracle Linux es una buena opción para empresas que necesitan sistemas muy confiables, y ofrece ayuda técnica y se asegura de que funcione bien con otros equipos. Esto muestra que usar Linux no solo ayuda al ahorro en el presupuesto, sino que también permite que los servicios tecnológicos sean eficientes y más confiables (Oracle Corporation, s.f.).

En la nube, la tecnología informática exhibe una marcada inclinación hacia Linux. Empresas enormes, como Google y Amazon, han construido su base en Linux, usando su adaptabilidad para ambientes variados. Linux hizo posibles soluciones ajustables que atienden bien los cambios de demanda, crucial para la nube (Red Hat Inc., s.f.; Love, 2010).

Además, hay informes de firmas de variados campos, como finanzas, que cambiaron a Linux para mejorar sus sistemas y su protección. Varios bancos optan por usar Linux en sus servidores para sus operaciones y revisión de código, lo que proporciona una mayor seguridad (Free Software Foundation, s.f.). La adopción de Linux mejora la productividad diaria y establece una base para la innovación con tecnologías emergentes.

Es clave notar que usar Linux en empresas va más allá de los servidores; llegando desde aplicaciones de escritorio hasta dispositivos embebidos. Ciertas organizaciones usan Linux en sus equipos para dar más flexibilidad, reduciendo la necesidad de software privado y creando un ambiente adaptable.

## 5.3. COMPARACIÓN DE COSTES: LINUX VS. WINDOWS

Al elegir entre Linux y Windows para su uso en el mundo empresarial, es crucial tener en cuenta no solo los detalles técnicos, sino también el gasto total que implica cada opción. Esta evaluación considera tanto los gastos que son visibles (tarifas con licencia, asistencia técnica,

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

capacitación) como los menos obvios (dependencia tecnológica, escalabilidad, eficiencia a largo plazo). A continuación, se ofrece una tabla que compara los gastos estimados que están relacionados con cada sistema operativo.

Categoría	Windows	Linux
Licencia/Adquisición (Desktop)	\$7–\$14/usuario/mes (Microsoft 365)	Gratis en general; versiones empresariales: Ubuntu Advantage ~\$225/año, RHEL ~\$350/año, SLES ~\$500–\$1,000/año
Licencia/Adquisición (Servidor)	Windows Server Standard ~\$972/16 núcleos + CALs (\$30–\$40); Datacenter >\$6,000	RHEL ~\$350/año; SLES ~\$500–\$1,000/año
Soporte Técnico y Mantenimiento	Soporte extendido adicional: ~\$200–\$300/servidor/año	Incluido en la suscripción; menor coste en mantenimiento y actualizaciones
Capacitación y Adaptación	~\$500–\$1,000 por empleado	~\$300–\$1,000 por empleado; mitigado por abundante documentación y soporte comunitario
Migración e Integración	~\$300–\$1,000 por máquina; posible coste adicional por consultoría	~\$5,000–\$10,000 en empresas medianas, según la complejidad
Costes Indirectos / ROI	Alta dependencia del proveedor, costes ocultos por actualizaciones	Mayor flexibilidad, reducción de costes a largo plazo y mejor ROI

Fuente: Elaboración propia a partir de Microsoft Corporation, Canonical Ltd., Raymond (1999), Love (2010).

Al comparar ambos sistemas, se observa que, si bien Windows sigue siendo la opción predominante en muchas empresas, sus gastos totales (sobre todo en licencias, asistencia y dependencia tecnológica) pueden llegar a ser un lastre significativo a futuro. Linux, por su parte, brinda una opción más económica, sobre todo para aquellas empresas que pueden invertir en capacitación y adaptación. Dada su naturaleza abierta, los bajos costes de suscripción para las empresas y el potencial de crecimiento significativo, es una buena opción para aquellos que busquen generar la mayor ganancia posible. Aun así, cada empresa debe sopesar estos puntos según su tamaño, estructura y metas para tomar la mejor decisión.

## 5.4. HERRAMIENTAS, APLICACIONES Y DESAFÍOS EMPRESARIALES EN LINUX

La industria de Linux desde su creación en 1991, ha experimentado numerosas transformaciones para alcanzar toda su fiabilidad y adaptabilidad, como se menciona en apartados anteriores, cumpliendo tanto los requisitos como las expectativas individuales de las empresas. Esta sorprendente capacidad para adaptarse se refleja en la amplia variedad de herramientas y aplicaciones empresariales disponibles, que abarcan desde sistemas operativos especializados y soluciones de virtualización hasta aplicaciones de gestión, comunicación y seguridad. El surgimiento de Linux en las empresas es debido a la flexibilidad, solidez y su capacidad para integrarse en nuevas iniciativas, permitiendo que las empresas mejoren su labor a la par que reduzcan sus gastos y les permita invertir en sectores más productivos (DiBona, Ockman, & Stone, 1999).

En un principio, las distribuciones de Linux para empresas, como Red Hat Enterprise Linux (RHEL), Suse Linux Enterprise Server (SLE) y Ubuntu Server, habilitan un entorno excelente para administrar servidores y centros de datos. Esas distribuciones proporcionan no sólo el núcleo del sistema operativo, sino también herramientas de administración centralizada, seguridad reforzada y soporte técnico especializado, lo que resulta esencial para la operatividad de aplicaciones críticas. Por ejemplo, RHEL usa las herramientas disponibles en su distro como Red Hat Satellite y Red Hat Insights, que permiten actualizar constantemente el software, la monitorización en remoto o presencial de las operaciones y la mejora periódica del rendimiento del rendimiento, reduciendo el tiempo de inactividad y los costes de mantenimiento (Red Hat Inc., s.f.).

A su vez, el uso de copias virtuales y la opción de crear contenedores sin necesidad de software adicional, se han vuelto sustancialmente esenciales en los negocios con sistemas Linux u otros sistemas basados en Linux como podría ser Android. Programas como Docker y Kubernetes permiten a las empresas producir apps a un ritmo más elevado, controlarlas e incrementar rápidamente su crecimiento, optimizando sus recursos y moviéndose a nubes híbridas o públicas. Introducir apps en contenedores es positivo debido a la facilidad de movimiento y usabilidad, ya que se pueden instalar en cualquier sistema Linux sin modificarlo demasiado (Love, 2010).

Además, el software libre provee de diversas apps excelentes para su empleo en los distintos apartados laborales y gestión empresarial, que son tan competentes como las opciones de pago. Programas como LibreOffice, OpenProject y ERPNext ayudan a las empresas a manejar la burocracia, optimizar recursos y controlar las incidencias internas sin depender del gasto en licencias propietarias. Estas herramientas, además de ser modificables según las necesidades del usuario que las maneje, se benefician del constante aporte de la comunidad global, lo que garantiza actualizaciones periódicas y mejoras en sus funcionalidades (Raymond, 1999).

La seguridad es un apartado muy relevante y Linux es una opción excelente en este campo, dado que su código es abierto permite a los programadores, desarrolladores y a los expertos en seguridad trabajar juntos. Programas como SELinux y AppArmor otorgan la capacidad de

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

administrar reglas de seguridad, permitiendo que las diversas empresas protejan sus sistemas de amenazas internas o externas. Poder revisar y modificar el código (una ventaja exclusiva del software libre) ayuda a encontrar rápido, aquellos puntos de flaqueza, haciendo que la empresa sea más segura (Free Software Foundation, s.f.).

Además, los programas de automatización y organización que están diseñados en sistemas Linux, como Ansible, Puppet y Chef, ahora son de gran relevancia para manejar grandes infraestructuras. Estas herramientas ayudan a usar estrategias de DevOps, contribuyendo a que sean más veloces a la hora de poner en marcha programas y manejar cambios en entornos complejos. La automatización ampara que haya menos errores humanos y mejora cómo se realizan los procedimientos, lo que resulta en un funcionamiento más eficiente y una reducción de los costes en comparación con la gestión manual de los sistemas (DiBona, Ockman, & Stone, 1999).

Es clave notar que Linux es altamente modificable y ajustable, lo que permite usar diferentes soluciones hechas para trabajos muy específicos. Por ejemplo, en el mundo de las finanzas, hay sistemas basados en Linux que son muy seguros y rápidos para hacer transacciones. Y en el mundo de las comunicaciones, los sistemas Linux se usan para manejar redes y servicios clave de forma eficiente. Esta variedad de usos muestra cómo Linux se adapta a las necesidades de cada tipo de empresa u usuario, proveyendo de herramientas y programas que permiten ser más competitivos y a generar nuevos desarrollos.

Las herramientas y aplicaciones empresariales en Linux constituyen una parte esencial de su atractivo como solución tecnológica. La combinación de distribuciones empresariales robustas, soluciones de virtualización, aplicaciones de productividad, herramientas de seguridad y plataformas de automatización ofrecen un ecosistema integral que facilita la transformación digital de las organizaciones, otorgándoles la flexibilidad y adaptación que estos necesitan. La adopción de estas tecnologías no solo permite la optimización de recursos y la reducción de costes, sino que también impulsa una cultura de innovación y colaboración, aspectos fundamentales en la era de la información.

Finalmente hay que considerar que integrar Linux en el mundo empresarial trae consigo beneficios importantes, como recortar gastos, dar más libertad y reforzar la seguridad. También surgen ciertos obstáculos técnicos, organizativos y culturales que dificultan su implantación. Entre estos se encuentran la falta de personal cualificado, la incompatibilidad de algunos programas, la reticencia de los trabajadores a probar nuevas implementaciones y la complejidad de integrar todos los sistemas. Además, los gastos de adaptar la tecnología y la ausencia de un buen plan estratégico pueden poner freno a todo el proceso. Aunque Linux tiene una comunidad muy activa y opciones de apoyo para empresas, su implementación requiere conocimientos técnicos especializados que no siempre están disponibles dentro de la compañía. Para que el proceso sea un éxito, hay que invertir en la capacitación del personal, actualizar las aplicaciones, organizar la integración de los sistemas y liderar el cambio en la empresa pensado en el futuro.

### 5.5. USO DE UBUNTU EN EL ENTORNO EMPRESARIAL

En el sector empresarial, Ubuntu ha crecido constantemente durante más de veinte años, siendo una distribución de Linux ampliamente usada por toda clase de empresas, desde pymes y pequeños comercios hasta empresas multinacionales. Esto es debido a que Ubuntu

comparte muchas de las ventajas que hemos ido describiendo a lo largo de este estudio, es estable, fácil de usar y tiene un soporte competitivo en precio y resultados, lo que incentiva a las empresas a mejorar su eficiencia en el apartado tecnológico.

Desde el principio, Ubuntu se diseñó para ser sencillo de usar, pero sin quitarle funcionalidades ni impidiendo una de sus grandes ventajas como es su adaptabilidad, como otras distribuciones de Linux. Canonical Ltd., la empresa que creó Ubuntu, en su concepción condicionar su desarrollo a que fuera fácil de entender e intuitivo en su aprendizaje y uso, lo que permite a las empresas donde la capacitación en el uso de nuevas tecnologías puede suponer un gran desembolso económico (Canonical Ltd., s.f.). Su instalación es sencilla y dispone de una amplia gama de programas, lo que lo convierte en una opción idónea para su uso en ordenadores y servidores.

En las empresas, Ubuntu es excelente debido a que tiene un soporte completo, llamado Ubuntu Advantage. Este servicio proporciona asistencia técnica, arregla brechas de seguridad y proporciona herramientas de gestión para controlar la operativa, de esta manera, las empresas pueden mantener su funcionamiento sin interrupciones y resolver cualquier problema de manera rápida y eficiente. Los precios de Ubuntu Advantage cambian según lo que necesite cada empresa, lo que ayuda gestionar la inversión y una optimización de los recursos (Canonical Ltd., s.f.).

Un punto destacable al usar Ubuntu es su capacidad de integración y compatibilidad con otros sistemas operativos. La capacidad de adaptabilidad a entornos diversos constituye un aspecto relevante en el contexto organizativo, particularmente en el caso de empresas que exhiben una diversidad de actividades y recursos. Por ejemplo, si ya se usan programas que funcionan con software libre, Ubuntu permite la máxima integración y a migrar paulatinamente de sistemas cerrados a opciones abiertas. Esto no solo reduce el coste de las licencias de uso y distribución, sino que también concede cambios en el sistema para que encaje con lo que el negocio del usuario final necesite (DiBona, Ockman, & Stone, 1999).

Además, Ubuntu ha probado ser una opción más que competente en cuanto a seguridad. Una extensa comunidad global ayuda a mejorar sus capacidades y permite revisar el código, los errores o problemas se encuentran y se solucionan ávidamente. El uso de herramientas de seguridad, tales como AppArmor, que ya han sido mencionadas anteriormente, implica la implementación de una capa adicional de protección, un aspecto de suma relevancia en el contexto empresarial, donde la seguridad de los datos y la continuidad del servicio son imperativos (Free Software Foundation, s.f.). La robustez de esta seguridad, sumada a su constante actualización, contribuye a la reputación de Ubuntu como un sistema operativo confiable y resistente.

En el mundo digital, muchas organizaciones usan Ubuntu para innovar y ser más competitivas. Ubuntu es una de las mejores distribuciones para que las empresas desarrollen sitios web de forma ágil y flexible. Esto se debe a que utiliza técnicas de virtualización y encapsulación con herramientas como Docker y Kubernetes. Esto permite que los recursos se usen de forma óptima y que se puedan usar tecnologías avanzadas en los productos de la empresa, lo que hace que la inversión sea rentable (Love, 2010).

### 5.5.1. Versiones de Ubuntu y actualizaciones

Ubuntu ha obtenido cierta popularidad en el sector empresarial y en el académico, debido sobre todo a la publicación incesante de versiones y mejoras que mezclan firmeza, protección y lo último en tecnología. Desde que se anunció en 2004, Ubuntu cuenta con dos tipos de versiones: las de Soporte a Largo Plazo (LTS) y las normales, o no LTS. Esto permite que empresas u otros usuarios escojan aquellas que mejor se adapte a ellos, según cuánto están dispuestos a tolerar las modificaciones en un menor tiempo.

Las versiones LTS salen cada dos años y están diseñadas para ser más estables y tener soporte durante cinco años en ordenadores y servidores. Esto es ideal para empresas que requieren de un sistema que funcione sin ninguna incidencia, siendo completamente estables, modificando el mínimo necesario para garantizar la ausencia de errores y que opere constantemente, debido a que suele ser utilizado en sistemas que deben ser accesibles las 24 horas, como por ejemplo servidores o servicios a otras empresas para el manejo de datos. Por ejemplo, Ubuntu 18.04 LTS y Ubuntu 20.04 LTS son muy usadas en empresas que, como menciono al inicio de este párrafo, son estables, disponen de actualizaciones programadas y se aseguran de que se recibirá soporte de seguridad y mejoras relevantes sin tener que cambiar a versiones más modernas a menudo (Canonical Ltd., s.f.). Las versiones LTS son muy útiles en trabajos críticos, donde cualquier error puede suponer un gran coste para la empresa, no tan solo económicos, sino también reputacional.

En contraposición, las distribuciones de Ubuntu normales, las que no están diseñadas para ser más estables e inalterables, se publican cada medio año y su soporte dura unos nueve meses. Estas versiones son para usuarios y programadores que quieren probar las últimas novedades y mejoras, lo más pronto posible. Aunque permiten probar las últimas implementaciones, la corta duración de su soporte obliga a actualizar con mayor periodicidad, lo que puede provocar inestabilidad en las empresas si no se comprueba adecuadamente que los servicios vitales de las mismas funcionen adecuadamente (Canonical Ltd., s.f.). Las versiones no LTS son adecuadas para desarrollo, pruebas y para quienes requieren de lo último en tecnología, pero no son tan apropiadas para sistemas decisivos donde la estabilidad es clave.

Ubuntu usa un sistema de repositorios oficiales, que son archivos donde se almacenan recursos digitales para que puedan ser consultados a través de internet, para dar actualizaciones, lo que asegura que los usuarios reciban parches de seguridad, solución de errores y mejoras de rendimiento en el sistema. Las versiones LTS, en especial, tienen un ciclo de actualizaciones que se puede predecir, lo que ayuda a los administradores a planear su actividad y no afectar excesivamente al trabajo diario. Además, herramientas como Landscape, de Canonical, ayudan a administrar muchos equipos simultáneamente, permitiendo a los administradores observar, controlar y actualizar sistemas de forma remota, lo que es de vital importancia en empresas de gran tamaño (Canonical Ltd., s.f.).

Decidir entre una versión LTS y una versión que no lo es, depende de lo que requiera la empresa. Si necesitan un mantenimiento duradero y mínimas modificaciones en el sistema, como en bancos, hospitales o el gobierno, las LTS son la mejor opción. Pero si necesitan de las últimas innovaciones, como las empresas de tecnología o las startups, pueden emplear las versiones normales, aunque tengan que actualizarlas constantemente.

Ubuntu ofrece diversas opciones y versiones para que cada empresa pueda emplear aquella que prefiera, si la estabilidad o innovación. Las versiones LTS y las que no lo son dan opciones para cada situación, ayudando a las empresas a usar su tecnología de la mejor manera. Las actualizaciones, las herramientas y la forma en que Ubuntu trabaja, aseguran la seguridad y funcionamiento de cada versión activa.

## 5.6. CONTRIBUCIÓN DE LINUX A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Las denominadas Metas de Desarrollo Sostenible (ODS), promovidas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) desde el año 2015, constituyen un conjunto de 17 objetivos cuyo propósito es la erradicación de la pobreza, la conservación del planeta y la garantía de la prosperidad.

El propósito de este estudio es analizar el diseño de las estrategias, que se presentan como una hoja de ruta global, con el objetivo de examinar desde la educación hasta la acción climática. El presente estudio aborda diversas metas, particularmente las relacionadas con el ODS 4 (Educación de Calidad), el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), el ODS 12 (Producción y Consumo Responsable) y el ODS 13 (Acción por el Clima).

En los anexos se expone la relación de Linux con cada una de las distribuciones, además de su uso como herramienta para la sostenibilidad empresarial.

ODS	Relación con Linux
ODS 4: Educación de Calidad	Facilita la formación tecnológica y el acceso al conocimiento a través del código abierto. Permite capacitar al personal de forma continua y flexible.
ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura	Fomenta la innovación tecnológica y permite construir infraestructuras digitales seguras, adaptables y eficientes mediante soluciones libres.
ODS 12: Producción y Consumo Responsable	Reduce la dependencia de licencias, permite la reutilización del software y alarga la vida útil del hardware, fomentando el consumo responsable.
ODS 13: Acción por el Clima	Optimiza el uso energético de los equipos, minimiza residuos tecnológicos y reduce la huella de carbono mediante servidores eficientes y virtualización.

Fuente: Elaboración propia

## 6. CONCLUSIONES

Este estudio pone de manifiesto la importancia de las diferencias fundamentales entre el software de código abierto y el propietario (licencias, costes, capacidad de adaptación y seguridad) en la elección de las empresas, lo que confirma que Linux ofrece mayor adaptabilidad, ahorro y control en comparación con las limitaciones de los sistemas de código

cerrado. Al examinar su desarrollo desde 1991, hallamos momentos clave que afianzaron su solidez y firmeza para aplicaciones esenciales, lo que respalda su conveniencia para las compañías. En términos de impacto operativo, Linux no solo disminuye los gastos en licencias y actualizaciones, sino que también mejora los procedimientos y simplifica las integraciones a medida, y contribuye al logro de metas de desarrollo sostenible: promueve la eficiencia energética y prolonga la vida útil de los dispositivos. Finalmente, teniendo en cuenta que todavía existen desafíos (como la escasez de especialistas, la renuencia al cambio y la integración de sistemas antiguos), el proyecto respalda que, con una estrategia de capacitación y gestión del cambio, las empresas pueden gestionar con mayor solidez estos obstáculos. Como conclusión, se cumplieron las metas propuestas: comprender las diferencias entre los modelos de software, seguir la trayectoria de Linux, evaluar sus beneficios y desventajas en la empresa además de demostrar su capacidad para impulsar prácticas sostenibles.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Arch Linux. (s.f.). Arch Linux. Recuperado en enero de 2025 de <https://archlinux.org>
- Canonical Ltd. (s.f.). Ubuntu. Recuperado en marzo de 2025 de <https://ubuntu.com>  
Canonical Ltd. (s.f.-a). Ubuntu 18.04 LTS and Ubuntu 20.04 LTS: Release Notes and Support. Recuperado en marzo de 2025 de <https://ubuntu.com/about/release-cycle>  
Canonical Ltd. (s.f.-b). Ubuntu Release Cycle. Recuperado en marzo de 2025 de <https://ubuntu.com/about/release-cycle>  
Canonical Ltd. (s.f.-c). Landscape – Ubuntu Systems Management. Recuperado en marzo de 2025 de <https://landscape.canonical.com/>
- Computer Weekly. (2018). ¿Por qué las empresas líderes se inclinan por Linux? Recuperado en diciembre de 2024 de <https://www.computerweekly.com/es/opinion/Por-que-las-empresas-lideres-se-inclinan-por-Linux>
- Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4<sup>a</sup> ed.). Sage Publications.
- Debian Project. (s.f.). Debian. Recuperado en abril de 2025 de <https://www.debian.org>
- DiBona, C., Ockman, S., & Stone, M. (1999). Open sources: Voices from the open source revolution. O'Reilly Media.
- Feitó González, R. (2008). Análisis de factibilidad de proyectos sobre plataformas libres en la UCI [Trabajo de diploma]. Universidad de las Ciencias Informáticas.
- Fedora Project. (s.f.). Fedora. Recuperado en febrero de 2025 de <https://getfedora.org>  
Fedora Project. (s.f.). Fedora Design Suite. Recuperado en febrero de 2025 de <https://getfedora.org>
- Free Software Foundation. (s.f.). El software libre es una cuestión de libertad, no de precio. Recuperado en noviembre de 2024 de <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>
- Fundación Vía Libre. (2003). Software libre para el desarrollo sustentable y la apropiación del conocimiento. Recuperado en marzo de 2025 de

[https://www.vialibre.org.ar/software\\_libre\\_para\\_el\\_desarrollo\\_sustentable\\_y\\_la\\_apropiaciondel\\_conocimiento-2/](https://www.vialibre.org.ar/software_libre_para_el_desarrollo_sustentable_y_la_apropiaciondel_conocimiento-2/)

- García, M. (2024, 25 de octubre). Descubre las ventajas del software Open Source en tu empresa. Nettix Blog. Recuperado en mayo de 2025.
- Kinsta. (s.f.). Código abierto vs. código propietario: ¿Cuál es la diferencia? Recuperado en diciembre de 2024 de <https://kinsta.com/es/base-de-conocimiento/codigo-aberto-vs-codigo-propietario/>
- Linux Kernel Archives. (2007). Linux Kernel Release 2.6.22. Recuperado en enero de 2025 de <https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/v2.6/ChangeLog-2.6.22>
- Linux Kernel Archives. (2022). Linux Kernel Release 6.0. Recuperado en enero de 2025 de <https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/v6.x/ChangeLog-6.0>
- LoopGk. (2024). Linux: Impacto, avance y futuro. Recuperado en mayo de 2025 de <https://loopgk.com/2024/07/02/linux-impacto-avance-y-futuro/>
- Love, R. (2010). Linux kernel development (3<sup>a</sup> ed.). Addison-Wesley Professional.
- Microsoft Corporation. (s.f.). Windows 10 Enterprise. Recuperado en febrero de 2025 de <https://www.microsoft.com/en-us/windowsforbusiness/windows-10-enterprise>
- Microsoft Corporation. (s.f.). Windows architecture. Recuperado en febrero de 2025 de <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/win32/sysinfo/windows-architecture>
- MuyLinux. (2022, 13 de abril). Un nuevo estudio revela los problemas que tienen las empresas en su transición hacia el código abierto. Recuperado en noviembre de 2024 de <https://www.muylinux.com/2022/04/13/estudio-empresas-transicion-codigo-aberto/>
- Oracle Corporation. (s.f.). Oracle Linux. Recuperado en enero de 2025 de <https://www.oracle.com/linux>
- Pacto Mundial. (s.f.). 7 formas en que la tecnología puede contribuir a los ODS. Recuperado en abril de 2025 de <https://www.pactomundial.org/noticia/7-formas-en-las-que-la-tecnologia-puede-contribuir-a-los-ods/>
- Parra, F. (2018). Linux para empresas: ventajas económicas, técnicas y estratégicas. Ediciones Informática Libre.
- Projecte d'implantació d'Ubuntu. (2023). Informe de proyecto: Migración a Ubuntu 22.04 LTS. Generalitat de Catalunya.
- Raspberry Pi Foundation. (s.f.). Raspberry Pi OS. Recuperado en marzo de 2025 de <https://www.raspberrypi.org/software/>
- Raymond, E. S. (1999). The cathedral and the bazaar: Musings on Linux and open source by an accidental revolutionary. O'Reilly Media.
- Red Hat. (s.f.). Linux: Qué es, características y ventajas. Recuperado en diciembre de 2024 de <https://www.redhat.com/es/topics/linux>
- Red Hat Inc. (s.f.). Red Hat Enterprise Linux. Recuperado en diciembre de 2024 de <https://www.redhat.com/en/technologies/linux-platforms/enterprise-linux>
- Red Hat Inc. (s.f.). Red Hat Enterprise Linux Pricing. Recuperado en diciembre de 2024 de <https://www.redhat.com/en/store/red-hat-enterprise-linux-servers>
- Sánchez, X., & Moreno, Y. (2017). Coste-beneficio de migraciones a sistemas Linux en empresas. Editorial Tecnológica.
- Stallman, R. (1985). El manifiesto GNU. Recuperado en noviembre de 2024 de <https://www.gnu.org/gnu/manifesto.es.html>
- Tanenbaum, A. S. (1987). MINIX: A teaching operating system.
- Tanenbaum, A. S., & Bos, H. (2015). Modern operating systems (4<sup>a</sup> ed.). Pearson.

- United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. Recuperado en abril de 2025 de <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- Velasco, J. J. (2011, 5 de agosto). La migración a software libre: el puesto de trabajo sostenible (IV). Hipertextual. Recuperado en mayo de 2025 de <https://hipertextual.com/2011/08/software-libre-puesto-de-trabajo-sostenible-iv>
- Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. MIS Quarterly, 26(2), xiii–xxiii.
- Windows Internals: Russinovich, M., Solomon, D., & Ionescu, A. (2012). Windows Internals (6<sup>a</sup> ed.). Microsoft Press.
- Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6<sup>a</sup> ed.). Sage Publications.
- Zona TechnoCrew. (s.f.). Ventajas y desventajas de Linux. Recuperado en marzo de 2025 de <https://zonatechnocrew.com/desventajas-y-ventajas-de-linux/>

## 8. ANEXOS

### 8.1. CONTRIBUCIÓN DE LINUX A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Las Metas de Desarrollo Sostenible (ODS) fueron fijadas por la ONU en el año 2015, a las que se publicita habitualmente desde los diversos gobiernos, como por ejemplo los pins de apoyo al Plan 2030 para el Desarrollo Sostenible, en las que se encuentran incluidas estas metas, que ha llevado el rey Felipe VI o nuestro presidente Pedro Sanchez. Abarcan 17 propuestas unidas que buscan eliminar la pobreza, cuidar el mundo y proveer de riqueza a todas las naciones (Naciones Unidas, 2015). Estas metas cubren múltiples apartados, desde la salud y la enseñanza hasta la igualdad entre hombres y mujeres, las ideas nuevas y la prevención del cambio climático, están diseñadas para solventar los problemas mundiales de forma completa y duradera.

Cada una de las 17 ODS, de las cuales veremos algunos ejemplos, se explican detalladamente y de forma medible. Más adelante se hablará sobre aquellas que creemos que tienen mayor relevancia con respecto a Linux, pero para explicar de forma general su enfoque, vemos por ejemplo, la ODS 1 se basa en eliminar la pobreza, mientras que la ODS 2 busca garantizar el acceso a las fuentes de provisiones y mejorar la alimentación. La ODS 3 que implica ayuda a la salud y el bienestar, y la ODS 4 que se encarga de otorgar una enseñanza competitiva a todos aquellos que actualmente no la reciben, son algunos ejemplos. Mientras que otras ODS, como la ODS 5 aborda la Igualdad entre Hombres y Mujeres y la ODS 10 busca erradicar las desigualdades, estas últimas tratan temas de justicia social. También, la ODS 13 Prevención del Cambio Climático y la ODS 15 Vida de los ecosistemas terrestres se enfocan en el cuidado del medio ambiente y la vida ecológica.

En el apartado del uso de Linux en empresas, algunas ODS son de suma relevancia para este propósito. Por ejemplo, la ODS 9 Industria, Innovación e Infraestructura se puede aplicar directamente, ya que Linux permite el desarrollo de ideas nuevas en la tecnología y habilita

la posibilidad de crear infraestructuras robustas y seguras con soluciones de código abierto. Las características de Linux posibilitan que se adapte y escale de forma sencilla, además de que ayuda a que infinidad de tecnologías se puedan implementar simultáneamente y a crear soluciones propias que hacen que la industria crezca.

Consecuentemente, el ODS 12 Producción y Consumo Responsable se alinea con la idea del software libre, que impulsa el uso lógico de los recursos y la mejora de los procesos. Esto se logra mediante la disminución de la necesidad de adquirir costosas licencias y al fomento de la reutilización y adaptación del software. Esta visión puede llevar a una menor cantidad de residuos electrónicos y a un uso más eficiente de la energía y otros recursos, lo cual ayuda a la sostenibilidad empresarial y del medio ambiente, beneficiándose de un menor coste al implementar esta ODS, como es el objetivo de este análisis.

El ODS 4 (Educación de Calidad) resulta igualmente relevante, puesto que el uso de Linux puede facilitar la formación y el acceso al conocimiento tecnológico en el ámbito empresarial. Al proporcionar un entorno de código abierto, Linux posibilita que las organizaciones inviertan en la capacitación de su personal, lo cual fomenta la innovación interna y optimiza su capacidad competitiva en un mercado global que exhibe una constante evolución.

Por último, el ODS 13 (Acción por el Clima) se ve beneficiado de manera indirecta al mejorar los recursos y la eficiencia energética que permite el uso de Linux. En el ámbito empresarial, se observa una tendencia a facilitar la implementación de soluciones que incorporan hardware de bajo consumo. Este fenómeno, a su vez, conlleva una reducción en la necesidad de software cerrado, lo que puede contribuir a la mitigación del cambio climático y al fomento de prácticas empresariales sostenibles.

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible son una guía que observa los problemas del mundo desde diferentes y variados ángulos. Si planteamos el uso de Linux en las empresas, los objetivos 9, 12, 4 y 13 son claramente relevantes, dado que nos recuerdan que debemos ser innovadores, emplear adecuadamente los recursos, compartir el conocimiento y además del cuidado del planeta. Implementar Linux en los sistemas de las empresas no solo ayuda a la mejora operativa del trabajo, sino que también facilita la alineación de las estrategias empresariales con los objetivos de desarrollo global, propiciando un crecimiento económico inclusivo y sostenible.

### **8.1.1. Linux como herramienta para la sostenibilidad empresarial**

En el ámbito empresarial, la implementación de Linux no solamente exhibe mejoras en la eficiencia y una disminución en los costes, sino que también incide positivamente en la ecología. Al incorporarse en las estructuras fundamentales, Linux da la posibilidad a las empresas de refinar el uso de energía, aminorar los desechos tecnológicos y fomentar acciones operativas más amigables con el medio ambiente.

Un punto clave del ecosistema Linux es en el uso de servidores en los centros de datos. Firmas tan reconocidas como las grandes IBM y Google usan sistemas de código abierto, en parte, debido al ahorro energético. Como se pueden ajustar según las necesidades de cada usuario a medida, los servidores Linux reducen el consumo eléctrico y mejoran la eficiencia calorífica. Por ejemplo, el uso de Linux en aquellos servidores u otros lugares donde se procesan significativas cantidades de datos ha ayudado a reducir la huella de carbono, al usar

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

tecnologías como la virtualización, que permiten ejecutar programas destinados a otros sistemas operativos o efectuar esos mismos sistemas, aprovechan mejor los equipos ya que muchas de estas funciones no se pueden dividir en una cantidad limitada de hardware y disminuyen el gasto en recursos (DiBona, Ockman, & Stone, 1999; Love, 2010).

Además, la flexibilidad que dispone Linux nos permite usar este sistema operativo como base para realizar tareas de monitoreo y control del consumo energético. Lo cual ayuda a las firmas o entidades a emplear los recursos de forma más ecológica. Herramientas para el manejo de sistemas, como Landscape, y otros sistemas creados por la comunidad, permiten el seguimiento en tiempo real del rendimiento y del consumo energético de los servidores. Poder vigilar y modificar el funcionamiento del sistema nos propicia aminorar el gasto y alargar la vida útil de los equipos, aspectos fundamentales para minimizar el impacto ambiental (Canonical Ltd., s.f.).

Por otra parte, el modelo de código abierto de Linux propicia la innovación colaborativa, que se caracteriza por la reutilización y el reciclaje del software. Las organizaciones que implementan Linux no solo disminuyen su vulnerabilidad a soluciones propietarias, que con frecuencia conllevan significativos desembolsos en licencias y generación de desechos tecnológicos, sino que además fomentan la generación de soluciones personalizadas que se ajustan a las exigencias particulares de sostenibilidad de la entidad (Free Software Foundation, s.f.; Raymond, 1999).

En el sector financiero, diversos bancos utilizan Linux para realizar pagos más eficientes y ecológicos. Por ejemplo, JP Morgan Chase utiliza Linux para manejar grandes cantidades de pagos y reducir sistemáticamente riesgos, de esta forma, como sería inviable realizarlas directamente por un individuo, al automatizar estas tareas mediante herramientas disponibles en Linux, se puede satisfacer la demanda de pagos y garantizar su escalabilidad. Así, ahorran energía y el software se adapta a sus requerimientos. Linux les permite menguar el coste en licencias y mantenimientos, mientras protegen los datos críticos para la organización (DiBona, Ockman, & Stone, 1999).

Otro ejemplo que cabría mencionar es Deutsche Bank, que emplea Linux para la compra y venta de acciones en el mercado bursátil y procesamiento de pagos. Con esta medida, se ha visto disminuido su consumo eléctrico, sus sistemas han sido optimizados y por consiguiente un notable ahorro económico. Además, al disponer de un sistema de código abierto es más fácil realizar auditorías del mismo mejorando su transparencia y cumpliendo con los códigos normativos (Raymond, 1999).

Además, cabe destacar que Goldman Sachs ha realizado diversos intentos en la implementación de Linux con el fin de renovar sus procesos tecnológicos. La flexibilidad en la modificación del código fuente, característica diferenciadora de Linux, ha permitido desarrollar soluciones personalizadas que se ajustan a sus necesidades específicas de gestión financiera, promoviendo al mismo tiempo la colaboración y el acceso a conocimientos técnicos. Esta forma de pensar ha sido fundamental para la innovación dentro de la empresa y su liderazgo en un entorno financiero en constante evolución (Free Software Foundation, s.f.).

En este sentido, algunas entidades europeas, como ING, han optado por implementar tecnologías de código libre en sus operaciones, aprovechando las ventajas que ofrece su

facilidad de uso entre sistemas y su durabilidad. Al migrar a entornos basados en el sistema Linux, estas comunidades han logrado aminorar la dependencia de algunas técnicas específicas, optimizando el uso de los recursos y fomentando una cultura de constante innovación, lo que resulta en un funcionamiento más eficiente y una mayor responsabilidad medioambiental.

Otro caso ilustrativo de una empresa que ha notado mejoras al realizar el cambio total o parcial a este sistema, lo podemos observar en el ámbito de las telecomunicaciones, telefonía e internet. Donde el uso de Linux ha adquirido una relevancia significativa para la creación de redes robustas que debido al uso eficiente de solo aquellos recursos necesarios para desarrollar la tarea que le asigne el usuario, optimizan su uso energético, esto se traduce en una mayor duración y un mejor aprovechamiento de los recursos. Diferentes empresas han probado a implementar soluciones basadas en Linux con el objetivo de optimizar sus sitios web, reducir su consumo energético y respaldar iniciativas de empresas cuya intención principal es el compromiso con la sostenibilidad ambiental, al tiempo que fortalecen la seguridad y facilitan la gestión de sus redes.

Por ejemplo, Deutsche Telekom, una compañía alemana de telecomunicaciones con sede en Bonn, ha integrado tecnologías de código abierto en sus centros de datos y sistemas de red, aprovechando la facilidad con la que se puede modificar Linux y su gran capacidad de adaptación. La puesta en marcha de ideas basadas en Linux ha permitido a la empresa aprovechar mejor sus recursos, mejorar la capacidad de crecimiento de sus servicios y reducir el impacto que sus acciones causan al planeta, lo que da como resultado una base más persistente y adaptable (DiBona, Ockman y Stone, 1999).

Al mismo tiempo, AT&T innovó al usar Linux para activar redes guiadas por software (SDN) y virtualizar tareas de red (NFV). Estas técnicas mejoran la gestión de la red, ya que permiten realizar cambios y modernizaciones al instante de forma más sencilla y económica. El uso de Linux de esta manera ayudó a AT&T a reducir su consumo de energía y optimizar el uso de los equipos, lo que creó un negocio más duradero y adaptado al mercado (Raymond, 1999).

Otra empresa clave es Verizon, que implementó Linux en sus centros de datos y en el control de los servicios de red. Al ser modular y fácil de integrar, puesto que se puede modificar para modelarse según las características que se desean en el producto, el sistema operativo de código abierto permite a Verizon a ser más eficiente, a disminuir los costes de las licencias y el soporte, mejorando la unión entre distintas plataformas técnicas. Esto fortalece a la empresa y fomenta modos de trabajo más ecológicos y prolongados (Free Software Foundation, s.f.).

Además, Ericsson desarrolló plataformas de red basadas en Linux. Estas ideas ayudan a gestionar grandes volúmenes de datos de manera más eficaz y consumiendo menor cantidad de energía, algo vital para las redes 5G y otras tecnologías emergentes. Adoptar Linux de este modo facilitó la unión de sistemas heterogéneos y el uso de métodos de seguridad avanzados, lo que dio paso a una red más fuerte e inextinguible (DiBona, Ockman y Stone, 1999).

El empleo de Linux en empresas va más allá que el ahorro económico y el uso de las diversas herramientas que provee. Es una forma más que eficaz para las compañías de reducir nuestra huella de carbono, concienciando sobre el cuidado del planeta. Como hemos podido observar,

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

Linux nos permite menguar el consumo de energético, optimizar y aumentar la eficiencia de los equipos que se poseen por no dedicar estos a tareas innecesarias y fomentar una mentalidad de mejora constante, abierta, que permita a las entidades o cualquier particular, implementar proyectos tecnológicos que ayuden a la reducción del cambio climático. Así, Linux se convierte en una herramienta clave para cumplir las metas de la ONU al impulsar el buen uso, la transparencia y el uso responsable de los recursos tecnológicos.

### 8.2. PROYECTO DE MIGRACIÓN DE UNA EMPRESA A LINUX

Las empresas recurren habitualmente a la implementación de programas gratuitos por razones financieras y estratégicas. La reducción de los costes relacionados con las licencias da como resultado disminuciones en los gastos operativos y una mayor independencia técnica para las empresas (Velasco, 2011; Sánchez & Moreno, 2017). Para empresas que buscan mejorar sus activos y proporcionar herramientas robustas, seguras y no afiliadas, la transición a Ubuntu 22.04 LTS, ha demostrado ser altamente confiable y respaldada por un apoyo a largo plazo. Esto sirve como orientación para las empresas que contemplan esta opción, incluso si solo es hipotéticamente, la integración podría llevarse a cabo de forma realista e implementarla en una empresa real, evaluando su duración, costes y resultados.

El proyecto, llamado “Migración progresiva a Ubuntu 22.04 LTS”, se desarrollará entre agosto y diciembre de 2025 y consiste en una planificación estructurada en seis sprints ágiles de tres semanas cada uno (Projecte d’implantació d’Ubuntu, 2023). El objetivo de esta hoja de ruta, será reemplazar el marco del sistema operativo privado, todo aquello basado en macOS o Windows en este caso con una solución más rentable, que proporcione todas aquellas ventajas que hemos ido relatando a lo largo de este trabajo.

Durante la fase inicial, se lleva a cabo un inventario en el que contabilizaron que en sus oficinas contaban con 120 dispositivos, incluyendo 15 servidores y 105 estaciones de trabajo, así como 45 aplicaciones corporativas, de las cuales cinco presentaron incompatibilidades y se sustituyeron por soluciones alternativas. Tomando como punto de partida este análisis, se ideó un espacio de pruebas compuesto por máquinas virtuales con Ubuntu. En este entorno, se levantó una infraestructura que simulaba el mundo real, incluyendo servicios web gestionados con Apache, un sistema de autenticación a través de OpenLDAP, una base de datos construida sobre MariaDB y herramientas de colaboración facilitadas por Redmine (Projecte d’implantació d’Ubuntu, 2023).

Tras la primera prueba, que contó con una duración de un mes, diez personas asignadas a esa tarea, probaron los nuevos equipos para garantizar su rendimiento y consistencia. Se esforzaron por acceder a archivos utilizando LibreOffice, intercambiar archivos a través de la red y restaurar copias de seguridad. Si algo fallaba, la restauración de copias de seguridad, alcanzó un tiempo medio de recuperación de tan solo 45 minutos en casos de fallo simulado, cumpliendo así con el objetivo de mantener el downtime bajo control (Projecte d’implantació d’Ubuntu, 2023, p. 16).

Implementamos el sistema en cinco meses utilizando una estrategia que calculó el tiempo necesario para cada tarea, el PERT. Se estimó que la tarea más crucial tomaría 94 días, lo que incluía seleccionar el sistema, configurar los servidores, verificar su funcionalidad, enseñar a los usuarios cómo usarla y proporcionar soporte después de la actualización.

El proyecto se desarrolló en 6 etapas, que abarcan desde las pruebas iniciales hasta la migración final al nuevo sistema:

En primer lugar el Sprint 1 (agosto 2025), se hizo el inventario, el análisis de compatibilidad y se diseñó el entorno de pruebas. A continuación en los Sprints 2–3 (septiembre), se realizaron pruebas piloto con usuarios reales, se validaron los flujos y se ajustaron las configuraciones. En el Sprint 4 (octubre), se llevó a cabo la migración de los 15 servidores más críticos para la operación.

Durante el Sprint 5 (noviembre), se migraron 60 estaciones de trabajo estándar, junto con sesiones de formación y finalmente en el Sprint 6 (diciembre), se migraron las 45 estaciones restantes, usuarios avanzados, documentación y soporte. Empleando metodologías ágiles (SCRUM) y técnicas de planificación más tradicionales, el equipo cumplió de forma exitosa en un 98 % los plazos previstos y la interrupción de servicio por usuario fue de apenas 30 minutos (Projecte d'implantació d'Ubuntu, 2023, p. 20).

Concepto	Importe (€)
Equipos de buen rendimiento	20000
Capacitación	10000
Asistencia técnica de expertos	15000
Utilidades extra	10000
Total estimado	55000

Fuente: Elaboración propia

Según Velasco (2011) y Feitó (2008), el software libre como Ubuntu genera un ahorro significativo en licencias de sistema operativo y aplicaciones. Ambos coinciden en que, aunque el coste inicial pueda parecer elevado, se amortiza en pocos años gracias a estos ahorros. Casos como el del Ayuntamiento de Múnich, que ahorró millones al migrar a Linux, refuerzan esta previsión. Además, el uso de hardware menos exigente prolonga la vida útil de los equipos, reduciendo costes futuros.

La migración a Ubuntu supuso un beneficio económico, asimismo también una mejora significativa en la estabilidad y desde luego el incremento de la seguridad de la infraestructura. Al ser menos vulnerable a malware, Ubuntu redujo los incidentes de seguridad y aumentó la disponibilidad de los sistemas, superando el 99,5 % de uptime (tiempo en línea) tras los tres primeros meses. Además el sistema al ser también ligero reduce el uso de recursos, lo que se traduce en arranques más rápidos (menos de 60 segundos) y mejor rendimiento general.

## EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO

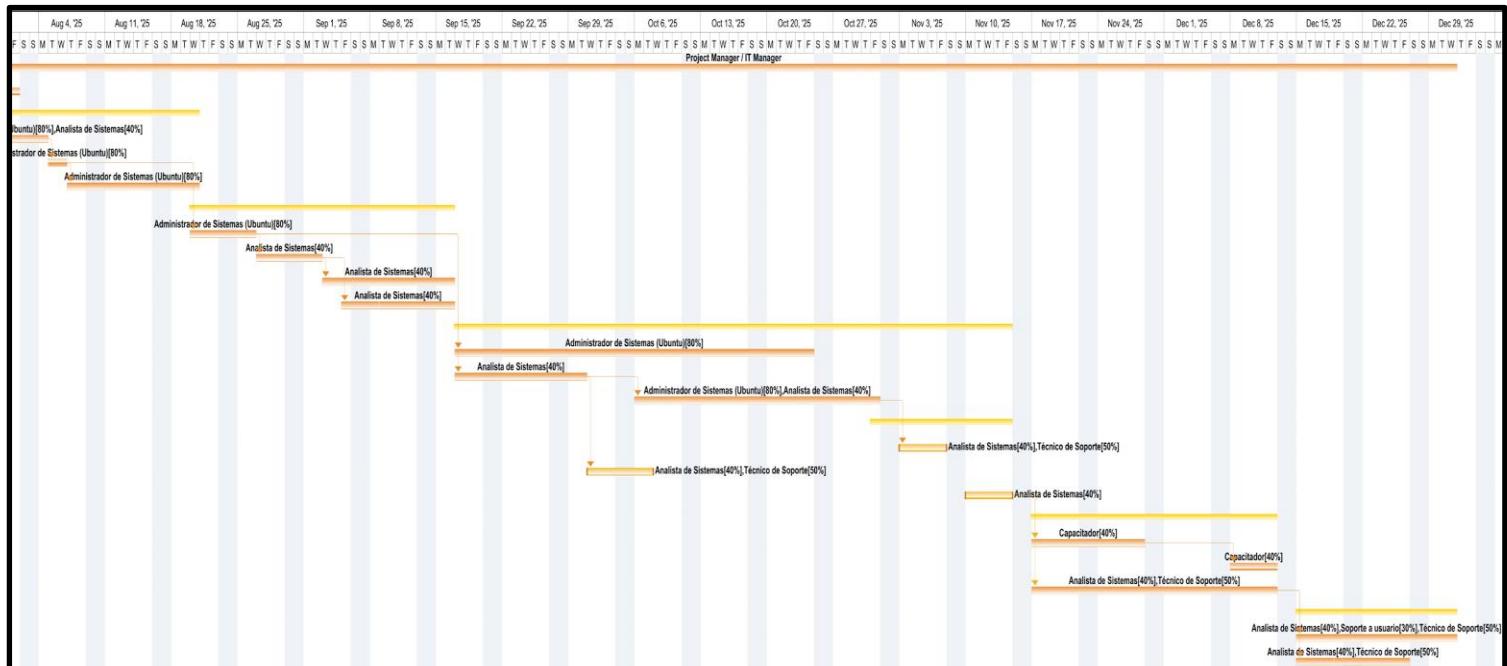
Desde un punto de vista organizativo, se logró una mayor independencia tecnológica, al no depender de un único proveedor para soporte y licenciamiento. La empresa también fortaleció sus competencias internas al formar al personal en el uso y administración de software libre, favoreciendo la cultura de colaboración y el desarrollo de soluciones a medida. Además, se establecieron indicadores clave (KPIs) para monitorizar la evolución del sistema, como la tasa de incidencias resueltas, el tiempo medio de respuesta y la satisfacción de los usuarios, que se mantuvo en niveles positivos (Projecte d'implantació d'Ubuntu, 2023, p. 22).

La iniciativa de actualizar a Ubuntu 22.04 LTS pone de manifiesto que cambiar a esta plataforma es totalmente factible en términos técnicos, de organización y económicos. Con una extensión temporal moderada, una inversión que se recupera en menos de un lustro y ventajas extra como más seguridad, solidez, autonomía y reducción de costes recurrentes, el despliegue de sistemas operativos abiertos como Ubuntu emerge como una opción estratégica muy valiosa para empresas medianas y grandes. Lo aprendido y registrado en esta situación puede orientar a otras entidades que deseen renovar su infraestructura basándose en la durabilidad tecnológica y la rentabilidad económica.

A continuación se adjuntan imágenes del projecto realizado para calcular el tiempo de migración y la ruta que tendría que seguir una empresa de mediano tamaño para implementar Ubuntu en su sistema.

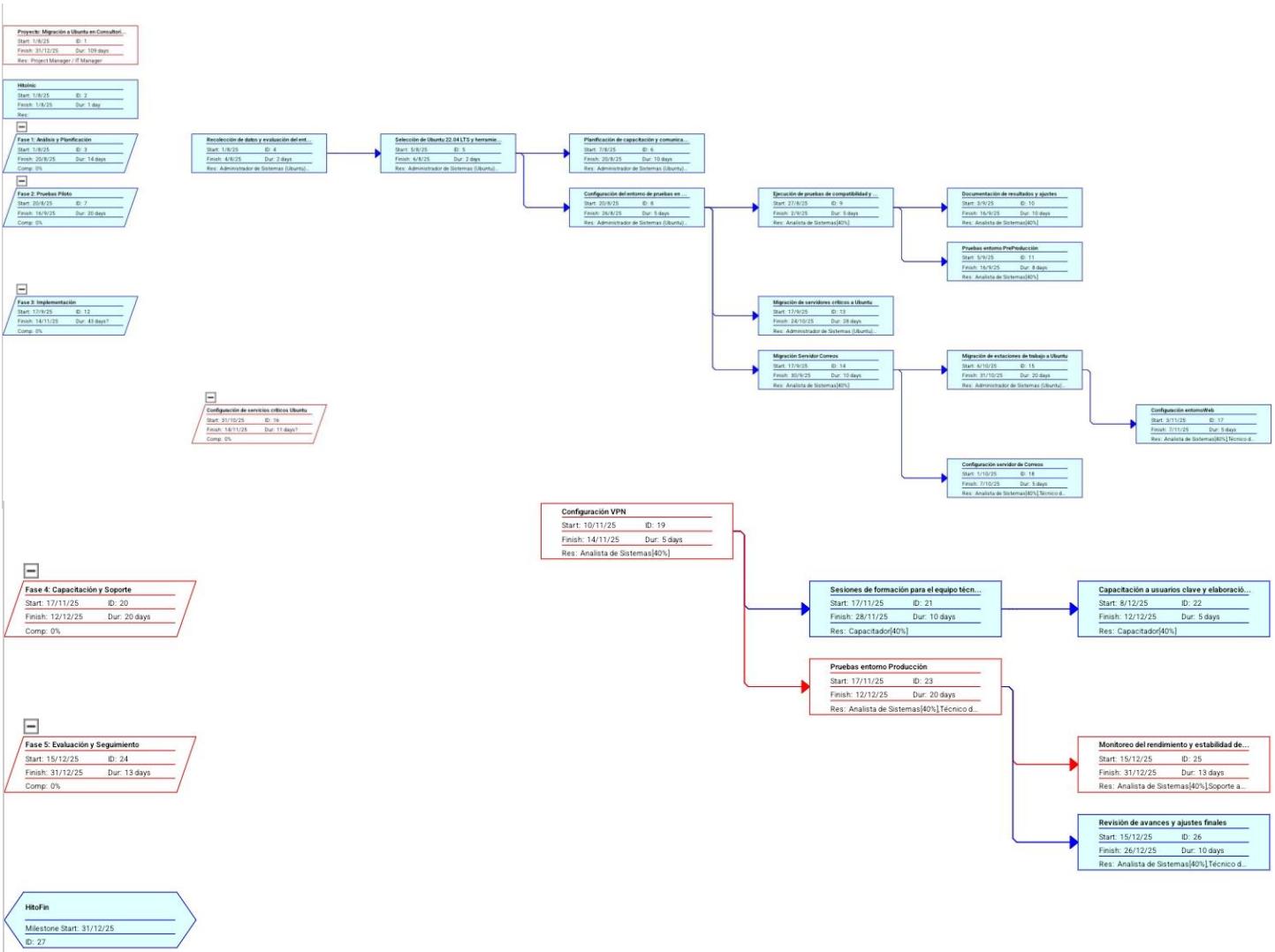
# ALEJANDRO RODRIGUEZ BARQUIN

ID	Task Mode	WBS	Resource Names	Nombre de tarea	Duration	Start	Finish	Predecessors
1		1	Project Manager / IT Manager	<b>Proyecto: Migración a Ubuntu en Consultoría IT</b>	109 days	Fri 8/01/25	Wed 12/31/25	
2		2	Hitolnic		1 day	Fri 8/01/25	Fri 8/01/25	
3		3		<b>Fase 1: Análisis y Planificación</b>	14 days	Fri 8/01/25	Wed 8/20/25	
4		3.1	Administrador de Sistemas (Ubuntu)[80%],Analista de Sistemas[20%]	Recolección de datos y evaluación del entorno actual	2 days	Fri 8/01/25	Mon 8/04/25	
5		3.2	Administrador de Sistemas (Ubuntu)[80%]	Selección de Ubuntu 22.04 LTS y herramientas complementarias	2 days	Tue 8/05/25	Wed 8/06/25	4
6		3.3	Administrador de Sistemas (Ubuntu)[80%]	Planificación de capacitación y comunicación interna	10 days	Thu 8/07/25	Wed 8/20/25	5
7		4		<b>Fase 2: Pruebas Piloto</b>	20 days	Wed 8/20/25	Tue 9/16/25	
8		4.1	Administrador de Sistemas (Ubuntu)[80%]	Configuración del entorno de pruebas en Ubuntu	5 days	Wed 8/20/25	Tue 8/26/25	5
9		4.2	Analista de Sistemas[40%]	Ejecución de pruebas de compatibilidad y rendimiento	5 days	Wed 8/27/25	Tue 9/02/25	8
10		4.3	Analista de Sistemas[40%]	Documentación de resultados y ajustes	10 days	Wed 9/03/25	Tue 9/16/25	9
11		4.4	Analista de Sistemas[40%]	Pruebas entorno PreProducción	8 days	Fri 9/05/25	Tue 9/16/25	9
12		5		<b>Fase 3: Implementación</b>	43 days?	Wed 9/17/25	Fri 11/14/25	
13		5.1	Administrador de Sistemas (Ubuntu)[80%]	Migración de servidores críticos a Ubuntu	28 days	Wed 9/17/25	Fri 10/24/25	8
14		5.2	Analista de Sistemas[40%]	Migración Servidor Correos	10 days	Wed 9/17/25	Tue 9/30/25	8
15		5.3	Administrador de Sistemas (Ubuntu)[80%],Analista de Sistemas[20%]	Migración estaciones de trabajo a Ubuntu	20 days	Mon 10/06/25	Fri 10/31/25	14
16		5.4		<b>Configuración de servicios críticos Ubuntu</b>	11 days	Fri 10/31/25	Fri 11/14/25	
17		5.4.1	Analista de Sistemas[40%],Técnico de Soporte[50%]	Configuración entornoWeb	5 days	Mon 11/03/25	Fri 11/07/25	15
18		5.4.2	Analista de Sistemas[40%],Técnico de Soporte[50%]	Configuración servidor de Correos	5 days	Wed 10/01/25	Tue 10/07/25	14
19		5.4.3	Analista de Sistemas[40%]	Configuración VPN	5 days	Mon 11/10/25	Fri 11/14/25	
20		6		<b>Fase 4: Capacitación y Soporte</b>	20 days	Mon 11/17/25	Fri 12/12/25	
21		6.1	Capacitador[40%]	Sesiones de formación para el equipo técnico	10 days	Mon 11/17/25	Fri 11/28/25	19
22		6.2	Capacitador[40%]	Capacitación a usuarios clave y elaboración de manuales	5 days	Mon 12/08/25	Fri 12/12/25	21
23		6.3	Analista de Sistemas[40%],Técnico de Soporte[50%]	Pruebas entorno Producción	20 days	Mon 11/17/25	Fri 12/12/25	19
24		7		<b>Fase 5: Evaluación y Seguimiento</b>	13 days	Mon 12/15/25	Wed 12/31/25	
25		7.1	Analista de Sistemas[40%],Soporte a usuario[30%],Técnico de Soporte[30%]	Monitoreo del rendimiento y estabilidad de Ubuntu	13 days	Mon 12/15/25	Wed 12/31/25	23
26		7.2	Analista de Sistemas[40%],Técnico de Soporte[50%]	Revisión de avances y ajustes finales	10 days	Mon 12/15/25	Fri 12/26/25	23
27		8		HitoFin	0 days	Wed 12/31/25	Wed 12/31/25	



	Nombre del recurso	Type	Material Label	Initials	Group	Capacidad máxima	Tasa estándar	Standard Rate
1	Project Manager / IT Manager	Work		P		100%	30,00 €/hour	30,00 €/hour
2	<b>Analista de Sistemas</b>	<b>Work</b>		<b>AS</b>		<b>40%</b>	<b>15,00 €/hour</b>	<b>15,00 €/hour</b>
3	Administrador de Sistemas (Ubuntu)	Work		AD		80%	20,00 €/hour	20,00 €/hour
4	<b>Técnico de Soporte</b>	<b>Work</b>		<b>T</b>		<b>50%</b>	<b>11,00 €/hour</b>	<b>11,00 €/hour</b>
5	Capacitador	Work		C		40%	15,00 €/hour	15,00 €/hour
6	Soporte a usuario	Work		H		30%	11,00 €/hour	11,00 €/hour

# EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LINUX VS SOFTWARE PROPIETARIO



### 8.2.1 Método PERT

Actividad	Descripción	Duración Optimista (O)	Duración Más Probable (M)	Duración Pesimista (P)	Predecesoras
A	Recolección de datos del entorno actual	5	10	15	-
B	Selección de Ubuntu y herramientas	3	7	10	A
C	Planificación de capacitación y comunicación	4	6	8	A
D	Configuración del entorno de pruebas	6	10	14	B
E	Pruebas de compatibilidad y rendimiento	7	12	18	D
F	Documentación de pruebas y ajustes	5	8	12	E
G	Migración de servidores críticos	10	15	20	F
H	Migración de estaciones de trabajo	15	20	30	G
I	Configuración de servicios en Ubuntu	7	10	14	G
J	Capacitación del equipo técnico	5	8	12	I
K	Capacitación de usuarios finales	7	12	18	H, J
L	Monitoreo y ajuste final	6	9	12	K

Fuente: Elaboración propia

### 8.2.2. Cálculo de la Duración Estimada y Desviación de Cada Actividad

Actividad	Cálculo TE	TE	Cálculo $\sigma$	$\sigma$
A	$(5 + 4 \times 10 + 15) / 6 = (5 + 40 + 15) / 6$	10.00	$(15 - 5) / 6$	1.67
B	$(3 + 4 \times 7 + 10) / 6 = (3 + 28 + 10) / 6$	6.83	$(10 - 3) / 6$	1.17
C	$(4 + 4 \times 6 + 8) / 6 = (4 + 24 + 8) / 6$	6.00	$(8 - 4) / 6$	0.67
D	$(6 + 4 \times 10 + 14) / 6 = (6 + 40 + 14) / 6$	10.00	$(14 - 6) / 6$	1.33
E	$(7 + 4 \times 12 + 18) / 6 = (7 + 48 + 18) / 6$	12.33	$(18 - 7) / 6$	1.83
F	$(5 + 4 \times 8 + 12) / 6 = (5 + 32 + 12) / 6$	8.00	$(12 - 5) / 6$	1.17
G	$(10 + 4 \times 15 + 20) / 6 = (10 + 60 + 20) / 6$	15.00	$(20 - 10) / 6$	1.67
H	$(15 + 4 \times 20 + 30) / 6 = (15 + 80 + 30) / 6$	21.67	$(30 - 15) / 6$	2.50
I	$(7 + 4 \times 10 + 14) / 6 = (7 + 40 + 14) / 6$	10.17	$(14 - 7) / 6$	1.17
J	$(5 + 4 \times 8 + 12) / 6 = (5 + 32 + 12) / 6$	8.00	$(12 - 5) / 6$	1.17
K	$(7 + 4 \times 12 + 18) / 6 = (7 + 48 + 18) / 6$	12.33	$(18 - 7) / 6$	1.83
L	$(6 + 4 \times 9 + 12) / 6 = (6 + 36 + 12) / 6$	9.00	$(12 - 6) / 6$	1.00

Fuente: Elaboración propia