

Reutilización de equipos de cómputo con Linux Terminal Server Project

Reusing computers with Linux Terminal Server Project

Sánchez Gárate, Silvia Karol; Barón Ramírez, Edith; García Estrella, Cristian Werner



 Sánchez Gárate, Silvia Karol
Universidad Nacional de San Martín, Perú

 Barón Ramírez, Edith
Universidad Nacional de San Martín, Perú

 García Estrella, Cristian Werner
cgarcia@unsm.edu.pe
Universidad Nacional de San Martín, Perú

Revista Científica de Sistemas e Informática
Universidad Nacional de San Martín, Perú
ISSN-e: 2709-992X
Periodicidad: Semestral
vol. 1, núm. 1, 2021
rcsi@unsm.edu.pe

Recepción: 15/11/2020
Aprobación: 15/12/2020
Publicación: 31/01/2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/535/5352348004/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.51252/rcsi.v1i1.117>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Citar como: Sánchez Garate, S. K., Barón Ramírez, E., & García Estrella, C. W. (2021). Reutilización de equipos de cómputo con Linux Terminal Server Project. *Revista Científica De Sistemas E Informática*, 1(1), 4-15. <https://doi.org/10.51252/rcsi.v1i1.117>

Resumen: El incremento de los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos ha sido un tema discutido desde inicios de siglo, en muchos países existe un deficiente marco legal para su gestión; además, existe una corriente de economía circular que determina que la reutilización es la mejor opción para esta gestión. Desde el año 2019, el Perú ha establecido normas para la gestión de estos residuos especialmente para la reutilización. En la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto fue necesaria su aplicación debido a la gran cantidad de equipos de cómputo desactualizados. Los objetivos fueron reutilizar los equipos de cómputo desactualizados con el uso de Linux Terminal Server Project, establecer el procedimiento para la identificación y reutilización de los equipos de cómputo, implementar Linux Terminal Server Project y medir los resultados de la reutilización en comparación con equipos actualizados. Esta fue una investigación aplicada, de tipo experimental, con corte transversal, la población de estudio fueron 40 equipos de cómputo, la muestra fue de 6 equipos de cómputo, la técnica fue la verificación con lista de chequeo, aplicada a 2 grupos de equipos de cómputo, el primero a equipos desactualizados y el segundo a equipos de cómputo actuales. Se concluyó que con la implementación de Linux Terminal Server Project se logró un mayor rendimiento a los equipos de cómputo desactualizados situándose al nivel de un equipo informático moderno, además del impacto positivo en el medio ambiente y en la prolongación de la vida útil los equipos desactualizados.

Palabras clave: computadoras, gestión, electrónicos, rendimiento, residuos.

Abstract: The increase in waste electrical electronic equipment has been a topic discussed since the beginning of the century, in many countries there is a deficient legal frame-work for its management. In addition, there is a trend of a circular economy that determines that reuse is the best option for this management. Since 2019, Peru has established standards for the management this waste especially for reuse, at the National University of San Martín - Tarapoto its application was necessary due to the large amount of outdated computer equipment. The objectives were to reuse the outdated computers with the use of the Linux Terminal Server Project, to establish the procedure for the identification and reuse of the computers, to implement the Linux Terminal Server Project and to measure

the results of reuse compared to up-dated computers. It was an applied research, of an experimental type, with cross-section, the study population was 40 computers, the sample was 6 computers, the technique used was the survey, the instrument was a questionnaire applied to 2 groups of computer equipment, the first outdated computer equipment and the second one to current computer equipment, it was concluded that, with the implementation of Linux Terminal Server Project, a higher performance was achieved for the outdated computer equipment, reaching the level of a modern computer equipment. They also have a positive impact on the environment and on prolonging the useful life of outdated computer equipment.

Keywords: computers, electronics, management, performance, waste.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de residuos de equipos electrónicos es un tema discutido desde la primera década del presente siglo (Lopes, 2020), de manera general, son conocidos como residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) que una vez concluido su ciclo de vida son descartados (Redondo et al, 2018), en el mundo existe un enfoque de economía circular en relación con 4 estrategias para el tratamiento de las RAEE como son la reducción, el reciclaje y la reutilización (Bressanelli et al, 2020).

En cuanto al reciclaje, en países como China, el comportamiento social con respecto a los RAEE está relacionado con el reciclaje informal (Orlins & Guan, 2016) dado que existe una mayor compensación de este mercado (Wang, Guo & Wang, 2016), por otra parte, en la India, debido al crecimiento constante de la innovación tecnológica, los equipos electrónicos son considerados obsoletos en poco tiempo generando una producción masiva de RAEE (Garlapati, 2016); para el caso de Brasil, las mujeres poseen actitudes más responsables con respecto a la gestión de los RAEE sobre todo, la necesidad de reconocer un enfoque sostenible para el reciclaje.

Estas investigaciones coinciden que los estados deberían mejorar sus legislaciones en cuanto a la gestión de los RAEE, siendo responsabilidad de la gestión pública promover la formalidad para estas actividades (Zeng, Yang, Chiang & Li, 2017), además para India y China la gestión ambientalmente racional de RAEE que debe ser atendido (Awasthi & Li, 2017).

Con respecto a la reutilización, en muchos países de América Latina, los RAEE son una oportunidad de negocio para el sector informal, los cuales lo reciclan adecuadamente para uso de sus partes o accesorios, sin embargo esto puede generar problemas de salud para los trabajadores en este sector y el medio ambiente (Calpa-Oliva, 2020), en países como México, se implementan planes de manejo integral de residuos sólidos en sus universidades, los cuales involucra a estudiantes, docentes y administrativos para fomentar una participación colaborativa en la gestión de residuos electrónicos (Ruiz, 2017).

En el año 2019, en el Perú, se aprobó el Decreto Supremo N° 009-2019-MINAM que establece un régimen especial para la gestión de los RAEE, en este decreto se reconoce como técnica de aprovechamiento a la reutilización.

En la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto se encontró la acumulación de equipos de cómputo desactualizados, las causas de este problema fueron la poca cantidad de accesorios disponibles en el mercado para su repotenciación y la inadecuada administración en la baja de equipos de cómputo, debido a esto las consecuencias fueron la ocupación de ambientes de trabajo por equipos desactualizados, la pérdida del

patrimonio de la universidad y la contaminación ambiental que producen estos equipos en desuso, por estas razones se optó por utilizar la técnica de la reutilización en la Universidad.

Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y la reutilización de equipos de cómputo

Los RAEE son residuos generados a partir de los aparatos eléctricos y electrónicos que consideran una amplia variedad desde un microondas hasta una supercomputadora (Bressanelli et al., 2020), cada año se desechan hasta 45 millones de toneladas de RAEE en el mundo (Baldé et al., 2017), por esta razón los países del mundo están tomando medias al respecto y dando mucho importancia a la gestión de la RAEE dado que es una preocupación en la sociedad global (Kumar, Holuszko & Espinosa, 2017), el cual todo estado debería construir un plan adecuado para este fin considerando a todos los actores implicados (Clinckspoor y Ferraro, 2020).

Una adecuada gestión de los RAEE permite reducir el impacto ambiental permitiendo que sus componentes regresen a su respectiva cadena de producción, por esta razón antes de reciclar se recomienda su reutilización (Cruz et al., 2017). Esto forma parte del desarrollo de la economía circular donde se prioriza la reutilización y el reciclaje como alternativa sostenible a la economía lineal, en donde la cadena de producción se limita a la extracción, fabricación y desecho de los RAEE (Porcelli y Martínez, 2018).

La Unión Europea ha proporcionado recomendaciones para la gestión de los RAEE estableciendo una jerarquía de desechos en donde la reutilización es la primera alternativa como buena práctica en la gestión de las RAEE que debe ser fortalecida para contribuir con la economía circular (Cole, Gnanapragasam, Cooper & Singh, 2019), para Horta (2020) es importante contar con indicadores para monitorear el proceso de recolección de los RAEE en las cuales puedan evaluarse las prioridades del proceso de reciclaje y reutilización que impacten de manera positiva en la economía y en el medioambiente.

Anteriormente se mencionó que el camino para una mejora gestión de los RAEE es la reutilización, dentro de este contexto es elemental brindar las condiciones para que las personas que desarrollen esta gestión posean las medidas de seguridad respectiva y es fundamental establecer mecanismos de prevención de accidentes tanto para el medio ambiente como para el ámbito laboral que este último representa un 69% de niveles de riesgo en el mismo (Caetano, de Leon, Padilha & Gomes, 2019).

Es lamentable que en países de Latinoamérica donde no se prioriza la economía circular existan grandes volúmenes de RAEE que solo son desechados debido a la baja disposición de las autoridades para poner en valor la reutilización de las RAEE (Demajorovic, Augusto & De Souza, 2016).

La reutilización de equipos de cómputo es la identificación de un nuevo uso para un producto que ya no puede ser utilizado en su forma original (Coughlan, Fitzpatrick & McMahon, 2018), estos se consideran una condición elemental para gestionar de manera adecuada los RAEE, es recomendable realizar esta condición con equipos de cómputo desactualizados para prolongar su vida útil, a través de un proceso de reutilización comercial el cual resulta valioso dado que su aplicación beneficia al medio ambiente (André, Ljunggren & Nordelöf, 2019).

Los equipos de cómputo son la corriente de desechos electrónicos de mayor crecimiento en el mundo que constituyen fuentes de materias primas secundarias para otros equipos de cómputo o equipos eléctricos y electrónicos. (Habib Al Razi, 2016), para Coughlan et al. (2018) existen ahorros significativos cuando se extiende la vida útil a través de la reutilización.

Linux Terminal Server Project

Es un proyecto de software libre de código abierto, los proyectos de código abierto son aceptados por la comunidad científica (Rodríguez-Reséndiz, Simonnot y Abad, 2018), además este está disponible para el usuario sin ninguna restricción (Pereira-García, 2020).

El Linux Terminal Server Project está basado en el sistema operativo Ubuntu, el cual está libre del costo de licencia y constituye una alternativa para el arranque de equipos de cómputo sin disco duro (Salles, Alves, Dolci y Lunardi, 2016), el cual son denominados como clientes ligeros. a través de la instalación de un equipo de cómputo que funciona como servidor, sus características se reparten a los clientes a través de una red LAN, en el cual se transfiere la imagen de todo el sistema operativo a estos.

Este proyecto ha sido rediseñado en el año 2019 con la finalidad de admitir más tecnologías en cuanto a las placas madre, tanto los clientes como los servidores son parte las tecnologías verdes que permiten la reducción de emisiones de carbono afectando positivamente al medio ambiente (Theis & Schreiber, 2016).

Este proyecto fue utilizado para desarrollar la arquitectura cliente servidor del presente estudio, este fue instalado en un servidor de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, institución que facilitó el desarrollo de la presente investigación.

Este estudio se vio limitado debido a la inexactitud de la información que proporcionaron el sistema de información de inventarios de la universidad, la ubicación los equipos de cómputo desactualizados y la poca aplicación de políticas en el cambio de accesorios de los mismos.

El objetivo general fue reutilizar los equipos de cómputo desactualizados con el uso de Linux Terminal Server Project en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto y los objetivos generales fueron establecer el procedimiento para la identificación y reutilización de los equipos de cómputo, implementar Linux Terminal Server Project en los equipos de cómputo desactualizados y medir los resultados de la reutilización en comparación con tareas realizadas por equipos actualizados, debido a estos se determinó que las tareas de arranque, reinicio y apagado poseen un mejor rendimiento para los equipos reutilizados frente a los equipos actualizados.

La reutilización de equipos de cómputo desactualizados con Linux Terminal Server Project logró reducir la acumulación de RAEE, este constituye una de las solución ecológica para la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, pues proporciona un mayor rendimiento a los equipos de cómputo desactualizados situándolos al nivel de un equipo de cómputo moderno, esto permite determinar el nivel de rendimiento óptimo de los equipos de cómputo desactualizados garantizando de esa manera la reducción de la acumulación de los mismos, además permite recuperar el patrimonio de la institución

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño del estudio corresponde a una investigación aplicada, de tipo experimental con corte transversal, a través de la aplicación de un grupo experimental, representado por los equipos de cómputo reutilizados y un grupo control, representado por los equipos de cómputo actualizados, la investigación fue desarrollada en los laboratorios de sistemas de información de la Universidad Nacional de San Martín con un periodo de estudio de 9 meses.

Los 3 primeros meses fueron dedicados a reutilizar los componentes de los equipos de cómputo desactualizados para formar parte de los clientes que fueron utilizados para el experimento, durante 2 meses se procedió a la instalación y configuración de servidor con Linux Terminal Server Project y las imágenes de disco que fueron trasladadas a los clientes a través de una conexión de red utilizando cable UTP categoría 5e.

Luego de poseer la arquitectura cliente servidor con 6 equipos informáticos, fueron aplicados los instrumentos para la recolección de los datos, la población fue un total de 40 equipos de cómputo

desactualizados y se seleccionaron 6 equipos informáticos, donde el equipo de mayor capacidad fue utilizado como servidor y los demás como clientes, se aplicó la técnica de la encuesta con su instrumento un cuestionario aplicado a estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, los cuales anotaron los tiempos de cada tarea ejecutada por los clientes.

En la presente estudio se aplicaron medidas de seguridad para la manipulación y tratamiento de los RAEE para su reutilización y lograr la instalación de 6 equipos informáticos para el desarrollo del experimento, para esto se tomó como referencia el planteado por (Coughlan et al., 2018) que posee las siguientes partes: colección, inspección, testeo de componentes, instalación, configuración de servidor, configuración de clientes y funcionamiento de la solución.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Reutilización de equipos de cómputo

En esta primera etapa se logró seleccionar los equipos de cómputo en buen estado para su reutilización, se inspeccionó el funcionamiento de cada equipo, se testeó sus componentes tales como placa madre, procesador, memoria RAM, tarjeta de red y tarjeta de video, una vez identificados los equipos se procedió a elaborar un cuadro de componentes mínimos para clientes y servidores en la implementación de la solución.

TABLA 1
Requerimientos mínimos para un cliente

N°	Accesorio	Capacidad / Velocidad
1	Memoria RAM	32 MB
2	Tarjeta de red	100/1000Mbps
3	Tarjeta de video	32 MB
4	Procesador	2.8Ghz

TABLA 2
Requerimientos mínimos para el servidor

N°	Accesorio	Capacidad / Velocidad
1	Memoria RAM	512 MB
2	Tarjeta de red	100/1000Mbps
3	Tarjeta de video	32 MB
4	Procesador	2.8Ghz
5	Disco duro	40 GB

Fue instalado como sistema operativo el Linux Terminal Server Project en 1 servidor y se configuró los paquetes necesarios para trasladar la imagen del sistema operativo a través de una red LAN, cabe resaltar que los 5 clientes no poseen un disco duro y no fue necesario la instalación de un sistema operativo en los mismos.

Los equipos de cómputo del grupo experimental (GE) incluido en el servidor, tuvieron las siguientes características:

TABLA 3
Características técnicas de equipos del grupo experimental

N°	Accesorio	Capacidad / Velocidad
1	Memoria RAM	32 MB
2	Tarjeta de red	100/1000Mbps
3	Tarjeta de video	32 MB
4	Procesador	2.8Ghz

Los equipos de cómputo del grupo control (GC) tuvieron las siguientes características:

TABLA 4
Características técnicas de equipos del grupo control

N°	Descripción	Características
1	Ciente 1	Intel Core i3, RAM 2GB, Tarjeta de video integrada, Tarjeta de red integrada.
2	Ciente 2	Intel Core 2 Duo 2.8GHz, RAM 2GB, Tarjeta de video Intel integrada, Tarjeta de red Realtek RTL8168 integrada
3	Ciente 3	Intel Pentium Dual-Core CPU 2,6GHz, RAM 1GB, Tarjeta de video Intel integrada, Tarjeta de red Realtek RTL8168 integrada
4	Ciente 4	Intel Core i5 2,3GHz, RAM 4GB, Tarjeta de video Intel HD Mx760, Tarjeta de red integrada Intel.
5	Ciente 5	Intel Core i7 2GHz, RAM 4GB, Tarjeta de video ATI Mobility Radeon HD 6570, Tarjeta de red Realtek Ralink RT 5390 802,11b

3.2 Instalación de Linux Terminal Server Project

Para esta etapa se instaló Linux Terminal Server Project como sistema operativo en el equipo servidor, se instaló y configuró la topología de red, así como la configuración de los equipos cliente, una vez preparados los clientes con la imagen del servidor distribuida a través de la red LAN se procedió a la realización del experimento.

Para este proceso se identificaron las tareas de arranque del sistema operativo, inicio de sesión, reinicio y apagado del computador obteniendo los siguientes resultados medidos en segundos:

TABLA 5
Tareas realizadas por grupo experimental y grupo control (segundos)

Clientes	Arranque		Inicio de sesión		Reinicio		Apagado	
	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC
Cliente 1	4	62	8	10	10	65	5	18
Cliente 2	5	45	8	13	8	56	4	13
Cliente 3	15	28	10	7	10	56	8	30
Cliente 4	10	34	7	3	10	39	7	12
Cliente 5	10	34	7	6	10	49	7	16
Promedios	8.8	40.6	8	7.8	9.6	53	6.2	17.8

Se observa en la Tabla 5 que, en cuanto al tiempo de arranque de los clientes, se observa que el promedio del grupo experimental fue de 8.8 segundos y del grupo control fue de 40.6 segundos, en cuanto al tiempo de inicio de sesión se observa que el promedio del grupo experimental fue de 8 segundos

Se observa en la Tabla 5 que, en cuanto al tiempo de arranque de los clientes, se observa que el promedio del grupo experimental fue de 8.8 segundos y del grupo control fue de 40.6 segundos, en cuanto al tiempo de inicio de sesión se observa que el promedio del grupo experimental fue de 8 segundos y del grupo control fue de 7.8 segundos, en cuanto al tiempo de reinicio se observa que el grupo experimental fue de 9.6 segundos y del grupo control fue de 53 segundos, en cuanto al tiempo de apagado se observa que el tiempo promedio para el grupo experimental fue de 6.2 segundo y del grupo control fue de 17.8 segundos.

Se observa en la Tabla 5 que el tiempo promedio en segundos del arranque, reinicio y apagado del grupo control, conformado por equipos modernos cuyas características están en la Tabla 4, es superado ampliamente por los equipos del grupo experimental cuyas características se encuentran en la Tabla 3. En cuanto al arranque, el grupo experimental es 5 veces superior al grupo control, para el caso del reinicio, el grupo experimental es 5 veces superior al grupo control y para el caso del apagado es 2 veces superior al grupo control.

Es evidente que este proceso de reutilización mejora el rendimiento de los equipos de cómputo y es necesario que esto sea puesto en valor por la autoridades universitarias, tal como establecen Demajorovic, Augusto & De Souza (2016) en su publicación, estos equipos de cómputo son desechados en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, debido a una deficiente aplicación de políticas ligadas a la reutilización, a aspectos contables se desechan en gran cantidad tal como lo afirman Bressanelli et al. (2020) en su estudio y para Kumar, Holuszko & Espinosa (2017) la gestión de la RAEE son una preocupación mundial y desde la academia podemos fortalecer este proceso en la gestión pública.

Finalmente aunque estos equipos no puedan ser utilizados como nuevos tal como lo establece Coughlan et al. (2018) en su estudio de acuerdo a su rendimiento pueden ser reutilizados para cada equipo de cómputo desactualizado en la Universidad.

4. CONCLUSIONES

La reutilización de equipos de cómputo desactualizados con Linux Terminal Server Project logra reducir la acumulación de RAEE que son tóxicos para la salud pública y el medio ambiente; siendo una de las soluciones ecológicas más beneficiosas para la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, pues proporciona un mayor rendimiento a los equipos de cómputo desactualizados situándolos al nivel de un equipo de cómputo moderno, esto permite determinar el nivel de rendimiento óptimo de los equipos de cómputo desactualizados garantizando de esa manera la reducción de la acumulación de los mismos.

El proceso de reutilización con Linux Terminal Server Project reduce la acumulación de los equipos de cómputo desactualizados y de bajas prestaciones, recuperando el número de bienes considerados como parte del patrimonio perdido de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, además estos equipos reutilizados poseen un mejor rendimiento que los equipos modernos utilizados en la presente investigación.

ANEXOS

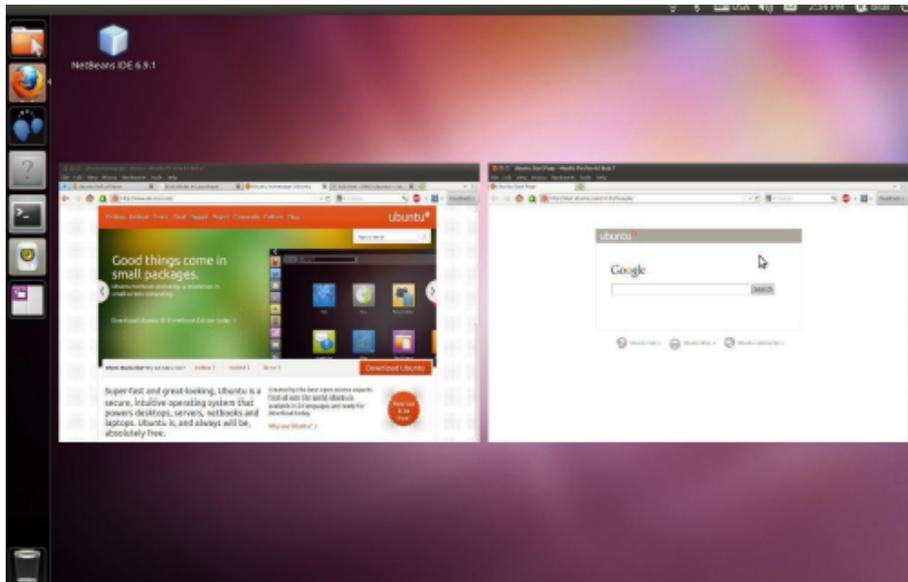


FIG. 1 .
Interfaz de Linux Terminal Server Project



FIG. 2.
Equipo cliente reutilizado



FIG. 3.
Realización del experimento

CONFLICTO DE INTERESES

Este artículo es el resultado de la condensación de la tesis para optar el título profesional de Silvia Karol Sánchez Gárate y Edith Barón Ramírez, donde Cristian Werner García Estrella participó como asesor, la misma que se encuentra depositada en el repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Sánchez Gárate, Silvia Karol, investigadora y desarrolladora de la solución de la presente investigación; Barón Ramírez, Edith, investigadora y desarrolladora de la solución de la presente investigación; García Estrella, Cristian Werner, investigador, facilitador y desarrollador de la solución de la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- André, H., Ljunggren Söderman, M., and Nordelöf, A. (2019). Resource and environmental impacts of using second-hand laptop computers: A case study of commercial reuse. *Waste Management*, 88, 268–279. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.050>
- Awasthi, A. K., and Li, J. (2017). Management of electrical and electronic waste: A comparative evaluation of China and India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(February), 434–447. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.067>
- Balde, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., and Stegmann, P. (2017). The Global E-waste Monitor 2017: Quantities, Flows and Resources. Retrieved from <https://collections.unu.edu/view/UNU:6341>
- Bressanelli, G., Saccani, N., Pigosso, D. C. A., and Perona, M. (2020). Circular Economy in the WEEE industry: a systematic literature review and a research agenda. *Sustainable Production and Consumption*, 23, 174–188. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.05.007>
- Caetano, M. O., de Leon, L. G., Padilha, D. W., and Gomes, L. P. (2019). Risk analysis in the operation of waste electrical and electronic equipment recycling plants. *Gestao e Producao*, 26(2), 1–12. <https://doi.org/10.1590/0104-530X3018-19>

- Calpa-Oliva, J. E. (2020). Validación de un modelo de logística inversa para la recuperación de los RAEE de la ciudad de Cali, basado en el Pensamiento Sistémico usando una simulación con Dinámica de Sistemas. *TecnoLógicas*, 23(48), 55–81. <https://doi.org/10.22430/22565337.1418>
- Clinckspoor, G. L., and Ferraro, R. F. (2020). Analysis of the actors involved in the treatment of electronic waste from information and communication technologies (ICT), in the City of Mar del Plata. *Antipoda*, 2020(39), 41–64. <https://doi.org/10.7440/antipoda39.2020.03>
- Cole, C., Gnanapragasam, A., Cooper, T., and Singh, J. (2019). An assessment of achievements of the WEEE Directive in promoting movement up the waste hierarchy: experiences in the UK. *Waste Management*, 87, 417–427. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.046>
- Coughlan, D., Fitzpatrick, C., and McMahon, M. (2018). Repurposing end of life notebook computers from consumer WEEE as thin client computers – A hybrid end of life strategy for the Circular Economy in electronics. *Journal of Cleaner Production*, 192, 809–820. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.029>
- Cruz Sotelo, S. E., Bovea Edo, M. D., Ojeda Benitez, S., Santillán Soto, N., and García Cueto, O. R. (2017). Evaluación del impacto ambiental al extender la vida útil del teléfono móvil. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 33(4), 701–712. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.04.13>
- Demajorovic, J., Augusto, E. E. F., and De Souza, M. T. S. (2016). Reverse logistics of E-waste in developing countries: Challenges and prospects for the Brazilian model. *Ambiente e Sociedade*, 19(2), 117–136. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC141545V1922016>
- Garlapati, V. K. (2016). E-waste in India and developed countries: Management, recycling, business and biotechnological initiatives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 874–881. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.106>
- Habib Al Razi, K. M. (2016). Resourceful recycling process of waste desktop computers: A review study. *Resources, Conservation and Recycling*, 110, 30–47. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.017>
- Horta Arduin, R., Mathieux, F., Huisman, J., Blengini, G. A., Charbuillet, C., Wagner, M., ... Perry, N. (2020). Novel indicators to better monitor the collection and recovery of (critical) raw materials in WEEE: Focus on screens. *Resources, Conservation and Recycling*, 157(July 2019), 104772. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104772>
- Kumar, A., Holuszko, M., and Espinosa, D. C. R. (2017). E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.018>
- Lopes dos Santos, K. (2020). Waste electrical and electronic equipment in macrometropole paulista: Legal framework and technology at the service of reverse logistics. *Ambiente e Sociedade*, 23, 1211. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20190121R1VU2020L2DE>
- Orlins, S., and Guan, D. (2016). China's toxic informal e-waste recycling: Local approaches to a global environmental problem. *Journal of Cleaner Production*, 114(2015), 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.090>
- Pereira-García, A. (2020). Free software law projects in Colombia. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 35(104). <https://doi.org/10.1590/3510406/2020>
- Porcelli, A. M., and Martínez, A. N. (2018). Análisis legislativo del paradigma de la economía circular. *Revista Direito GV*, 14(3), 1067–1105. <https://doi.org/10.1590/2317-6172201840>
- Redondo, J. M., Ibarra-Vega, D., Monroy, L., and Bermúdez, J. (2018). Assessment strategies for the integral management of waste electrical and electronic equipment-WEEE. *DYNA (Colombia)*, 85(205), 319–327. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n205.62564>
- Rodríguez-Reséndiz, P. O., Simonnot, J., and Abad Martínez, D. C. (2018). Open source content management for digital sound archives that preserve research materials. *Investigacion Bibliotecologica*, 32(77), 101–115. <https://doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2018.77.58005>
- Ruiz Morales, M. (2017). Contexto y evolución del plan de manejo integral de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 33(2), 337–346. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.14>

- Salles, A. C., Alves, A. P. F., Dolci, D. B., and Lunardi, G. L. (2016). Tecnologia da Informação Verde: Um Estudo sobre sua Adoção nas Organizações. *Revista de Administração Contemporânea*, 20(1), 41–63. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac20161887>
- Theis, V., and Schreiber, D. (2016). Green IT Strategies and Applications: Using Environmental Intelligence. Bhuvan Unhelkar. Boca Raton, Flórida: CRC Press, 2011. 480 p. ISBN 978-14-3983-780-1. *Revista de Administração Contemporânea*, 20(1), 131–133. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2016150189>
- Wang, Z., Guo, D., and Wang, X. (2016). Determinants of residents' e-waste recycling behaviour intentions: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 137, 850–860. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.155>
- Zeng, X., Yang, C., Chiang, J. F., and Li, J. (2017). Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. *Science of the Total Environment*, 575, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.078>