

## HACIA UN JUEGO DE ROL PARA LA GESTIÓN DE ACTIVOS CENTRADA EN EL HUMANO

Luis Alfredo Esteves-Meneses\* Giacomo Barbieri\*\* Freddy Zapata\*\*\*

\*Celsia Colombia S.A. E.S.P

(e-mail: laesteves@celsia.com; l.esteves@uniandes.edu.co)

\*\*Asset Management and Maintenance Engineering Chair, University of Twente (Enschede, Netherlands)

(e-mail: g.barbieri@utwente.nl).

\*\*\*Department of Design, Universidad de los Andes (Bogotá, Colombia)

(e-mail: f.zapata@uniandes.edu.co)

### Introducción

La Gestión de Activos (Asset Management, AM) no es un concepto nuevo; tanto las personas como las organizaciones han gestionado activos durante mucho tiempo. Sin embargo, no fue hasta la década de 1980 cuando el término AM comenzó a utilizarse ampliamente en los sectores privado y público en relación con los activos físicos. Este cambio surgió como respuesta a problemas significativos en la gestión de activos físicos, como el desastre de la plataforma petrolera Piper Alpha en el Reino Unido y la publicación del informe del Consejo Nacional de Obras Públicas de EE. UU., titulado *"Fragile Foundations: A Report on America's Public Works"*, entre otros [1].

La evolución de la Gestión de Activos puede dividirse en tres fases distintas [2]: i) Gestión de Portafolios; ii) Gestión Estratégica de Activos; iii) Gestión Sostenible de Activos.

Inicialmente, era fundamental establecer un inventario completo para comprender los activos que debían gestionarse. Este paso inicial permitió a las organizaciones catalogar y evaluar de manera sistemática sus activos físicos [3]. Sobre esta base, la siguiente fase se centró en utilizar los datos recopilados para tomar decisiones fundamentadas. En esta etapa, se dio prioridad a una gestión estratégica y basada en el valor, donde las

consideraciones de costo, riesgo y desempeño fueron fundamentales [4], [5] y [6].

Actualmente, el enfoque ha evolucionado para aprovechar las lecciones aprendidas y los datos recopilados con el fin de abordar las necesidades futuras de los activos. Esta tercera fase debe priorizar las necesidades de la comunidad, la resiliencia y el desarrollo sostenible, asegurando que los activos futuros puedan responder a cambios significativos en el clima, la demografía y otros factores.

A medida que la Gestión de Activos (AM) evoluciona, el panorama se vuelve cada vez más complejo [7]. La digitalización ha transformado los activos, integrando características avanzadas y subsistemas interconectados que mejoran su funcionalidad, pero que exigen enfoques de gestión más sofisticados [8], [9] y [10].

Los grupos de interés, incluidas las comunidades y los entes reguladores, están imponiendo mayores exigencias a las organizaciones, esperando no solo un mejor desempeño, sino también sostenibilidad, resiliencia y transparencia [11]. Además, las organizaciones operan en ecosistemas empresariales complejos que requieren una integración y coordinación fluidas para gestionar los activos de manera efectiva a lo largo de su ciclo de vida [12] y [13].

En este escenario cada vez más complejo, los humanos siguen siendo el elemento crucial para garantizar que todo funcione sin contratiempos. Sin embargo, en el contexto de la Gestión de Activos (AM), los humanos enfrentan una crisis debido a la división necesaria de responsabilidades dentro de las organizaciones, que a menudo resulta en la creación de "silos" [1]: departamentos o equipos aislados que dificultan la comunicación y la cooperación.

Este desalineamiento puede provocar malentendidos, prioridades conflictivas y oportunidades perdidas, especialmente entre los equipos encargados del ciclo de vida de los activos y la alta dirección [14]. Los problemas complejos, conocidos como "problemas perversos", que surgen de estas desconexiones, suelen ser difíciles de resolver y se engloban dentro del amplio marco de los desafíos relacionados con los factores humanos y la cultura organizacional.

Esto se ve respaldado por una encuesta global reciente realizada por el GFMAM (Global Forum on Maintenance and Asset Management), donde 506 profesionales de mantenimiento y AM identificaron el liderazgo y la cultura como los factores más críticos para sostener iniciativas en la era de la transformación digital [15].

En el panorama en evolución de la Gestión de Activos (AM), aún no existen enfoques universalmente consolidados para la Gestión Sostenible de Activos (SAM, por sus siglas en inglés). Los métodos tradicionales a menudo no logran abordar las necesidades complejas y dinámicas de los activos y sistemas de activos modernos [16], [17] y [18].

En respuesta a desafíos similares, ha surgido el concepto de la Industria 5.0 como un marco prometedor dentro del ámbito industrial. Este cambio de paradigma destaca la sinergia entre la creatividad humana y los avances tecnológicos para desarrollar sistemas resilientes, centrados en las personas y sostenibles [19].

Dado que SAM e Industria 5.0 enfrentan desafíos compartidos, adoptar los principios del paradigma de la Industria 5.0 representa un camino viable para abordar las complejidades que enfrenta la Gestión Sostenible de Activos.

Entre los seis capitales ampliamente reconocidos en los marcos de creación de valor [20], el capital humano destaca como especialmente crítico tanto en la Industria 5.0 como en la Gestión Sostenible de Activos. Este capital incluye el conocimiento, las habilidades, la motivación y las capacidades colaborativas de las personas, elementos esenciales para enfrentar los desafíos de la Gestión de Activos moderna [21] y [22].

Aunque las herramientas y tecnologías juegan un papel importante, el compromiso de las personas, la claridad en los propósitos y la colaboración, tanto interna como entre organizaciones y departamentos, son los verdaderos distintivos de las empresas líderes en SAM [1]. Basándose en esta perspectiva, este artículo se centra en la dimensión humana de la Industria 5.0, explorando cómo la Gestión de Activos Centrada en las Personas (HCAM, por sus siglas en inglés) puede integrarse en las organizaciones de AM.

Uno de los elementos más importantes de la Gestión de Activos es la cultura organizacional. La cultura se refiere a un conjunto profundamente arraigado de valores, creencias, actitudes y suposiciones que moldean el comportamiento y el desempeño a largo plazo [23]. Una definición popular y sencilla de cultura organizacional es: "*la forma en que se hacen las cosas aquí*" [24]. Aunque simplista, esta definición resalta un concepto clave: las organizaciones deben ir más allá de simplemente completar tareas para garantizar que sus acciones y resultados reflejen la filosofía e identidad de la empresa.

Lograr una cultura de AM alineada con los objetivos no puede dejarse al azar. En su lugar, es necesario diseñar un proceso estructurado de gestión del cambio para establecer una cultura de

Gestión de Activos Centrada en las Personas (HCAM).

Un enfoque para la gestión del cambio es el modelo ADKAR [25]. Este marco establece cinco pasos esenciales para implementar cambios organizacionales con éxito. El proceso comienza con la creación de Conciencia (*Awareness*) sobre la necesidad del cambio, seguido de fomentar el Deseo (*Desire*) de participar y apoyar la iniciativa. Luego, se centra en proporcionar el Conocimiento (*Knowledge*) necesario para implementar el cambio de manera efectiva y desarrollar la Capacidad (*Ability*) para aplicar las habilidades y comportamientos requeridos. Finalmente, el modelo destaca la Refuerzo (*Reinforcement*) para garantizar que el cambio se mantenga a lo largo del tiempo.

Aunque los cinco pasos son fundamentales para gestionar el cambio con éxito, este artículo se enfoca específicamente en la etapa de Conciencia (*Awareness*).

Existen diversas herramientas que pueden emplearse para generar conciencia sobre la Gestión de Activos Centrada en las Personas (HCAM). En este trabajo, se utiliza un Juego Serio (Serious Game, SG) como herramienta principal. Un SG es un juego diseñado no solo para entretener, sino también para cumplir al menos un objetivo significativo [26], como el aprendizaje, el desarrollo de habilidades o la sensibilización.

La motivación para utilizar un SG en este contexto radica en su capacidad única para involucrar a los participantes. Los juegos fomentan de forma natural la motivación a través de características como recompensas en el juego, la competencia y la búsqueda de altas puntuaciones. Estos elementos motivacionales pueden aprovecharse de manera efectiva para captar la atención sobre temas críticos, como el HCAM, transformando el proceso de aprendizaje en una experiencia atractiva e impactante [27].

Sin embargo, un Juego Serio (SG) que imite el contexto organizacional puede introducir complejidades, como prioridades conflictivas o tensiones interpersonales, que podrían requerir ser abordadas mediante un ejercicio de sensibilización previo. Para garantizar que el SG sea sencillo, seguro y efectivo, los enfoques empáticos, como los fundamentales en el Design Thinking (DT), ofrecen metodologías valiosas para descomponer los silos tradicionales, mejorar la comunicación y fomentar la colaboración [28].

El Design Thinking es un proceso metodológico y práctico que extiende el campo del diseño más allá de lo físico y estético, combinando resultados de investigaciones científicas con prácticas creativas para abordar problemas complejos y "perversos" (*wicked problems*) [29].

En el Design Thinking (DT), el uso de analogías es una herramienta poderosa para descubrir nuevas posibilidades [30]. Al establecer paralelismos con contextos similares, se puede abordar la siguiente pregunta: "*¿Dónde más ocurren estas condiciones y qué soluciones se han implementado en esos escenarios?*". Este enfoque no solo amplía las perspectivas, sino que también facilita la identificación de estrategias innovadoras que podrían aplicarse al desafío actual.

En el contexto de un Juego Serio (SG), las analogías permiten a los participantes interactuar con una situación modelada que es distinta de su realidad organizacional, fomentando conexiones empáticas entre ellos. Esta experiencia compartida puede aprovecharse para generar conciencia sobre la necesidad del cambio y promover la resolución colaborativa de problemas.

Basándose en estos fundamentos se encuentra en desarrollo el diseño de un juego serio basado en una analogía de finanzas personales denominado "From Silos to Synergy" (de los silos a la Sinergia). Este juego es diseñado para aumentar la conciencia cultural sobre la gestión de activos centrada en las personas (HCAM). El artículo se

estructura de la siguiente manera: una revisión del estado del arte en HCAM y el uso de juegos serios en mantenimiento y gestión de activos.

## Estado del arte

El análisis del estado del arte se divide en dos partes: La exploración del concepto emergente de Gestión de Activos Centrada en las Personas (HCAM) y la presentación de un marco para su implementación, que constituye la base del diseño de un juego serio propuesto. Otra sección donde se examina el uso de Juegos Serios (SGs) en el mantenimiento y la gestión de activos.

### Gestión de Activos Centrada en las Personas

#### (HCAM)

Siguiendo las tendencias de la Industria 5.0, un creciente cuerpo de literatura ha comenzado a explorar las dimensiones humanas, sostenibles y resilientes de la Gestión de Activos (AM), con un enfoque en integrar estos principios en las prácticas modernas [31] y [32]. Sin embargo, la investigación que aborda específicamente la dimensión centrada en las personas sigue siendo limitada.

En [33] se define una estrategia para la Gestión de Activos de Iluminación Centrada en las Personas e integradora en bibliotecas públicas, alineando la optimización técnica con el bienestar fisiológico y psicológico. En [34] proponen un modelo de diseño centrado en las personas para mejorar la Gestión de Activos Ferroviarios, integrando tecnologías de Inteligencia Artificial, Realidad Virtual y Realidad Mixta.

En [35] se introduce un sistema de apoyo a la decisión adaptado a los Operadores 5.0, diseñado para mitigar los desafíos relacionados con la carga cognitiva que enfrenta el personal de mantenimiento. Este sistema enfatiza el soporte en

tiempo real y la integración gradual de tecnologías, promoviendo el bienestar y mejorando el rendimiento industrial.

De manera similar, [36] presenta un prototipo centrado en las personas de una herramienta de asistencia basada en Realidad Aumentada, destinada a apoyar a los Operadores 5.0, con un enfoque en mejorar la experiencia del usuario y la eficiencia en las tareas.

La literatura existente se ha centrado principalmente en los aspectos operativos de la dimensión centrada en las personas, como la experiencia del usuario y las mejoras en la efectividad y eficiencia de las tareas de los Operadores 5.0. Sin embargo, los aspectos de colaboración, compromiso y alineación de la Gestión de Activos Centrada en las Personas (HCAM), especialmente entre funciones inter e intra organizacionales, siguen siendo en gran medida poco explorados [37].

Abordar esta brecha es fundamental para desarrollar un marco para la HCAM que enfatice las relaciones transversales entre funciones y sirva de base para el diseño de un Juego Serio (SG).

Un marco simple pero integral para la Gestión de Activos (AM) es presentado por [38]. Su modelo de Gestión Integrada de Activos (IAM) se construye sobre tres dimensiones interconectadas: temporal, organizacional y espacial. La dimensión temporal considera el horizonte de planificación, que abarca desde operaciones a corto plazo hasta una visión estratégica a largo plazo. La dimensión organizacional incluye factores humanos, tecnología, información y procesos. La dimensión espacial aborda las interacciones entre la organización y su entorno externo, incluyendo a los grupos de interés, reguladores y contratistas.

Aunque el modelo posiciona los factores humanos dentro de la dimensión organizacional, argumentamos que estos están presentes en todas las dimensiones y, debido a su importancia,

deberían tratarse como un elemento distinto e independiente.

Basándose en esta perspectiva, los marcos de vanguardia de la Industria 5.0 pueden adaptarse para ofrecer una caracterización más integral de los factores humanos en el contexto de la Gestión de Activos (AM). En [39] proponen una evolución en cinco etapas de las relaciones humano-máquina, que progresa a través de las siguientes fases: Coexistencia: Humanos y máquinas operan en espacios separados, sin interacción directa. Cooperación: Humanos y máquinas comparten tareas, pero con una interacción mínima. Colaboración: Las actividades humano-máquina están sincronizadas y orientadas hacia un objetivo común. Compasión: Las máquinas demuestran empatía al reconocer y responder a las necesidades y estados emocionales de los humanos. Coevolución: Humanos y máquinas se potencian mutuamente, mejorando sus capacidades con el tiempo.

Al mapear esta progresión hacia la colaboración inter e intra organizacional entre departamentos y funciones, se puede establecer un modelo de madurez de cinco etapas correspondiente al contexto de la Gestión de Activos (AM). Estas etapas ilustran la evolución de los factores humanos dentro de las organizaciones, avanzando desde departamentos aislados hasta equipos totalmente colaborativos y coevolutivos.

Integrar este modelo de madurez de cinco etapas en las dimensiones del modelo de Gestión Integrada de Activos (IAM) facilita la creación de un marco de Gestión de Activos Centrada en las Personas (HCAM) adaptado a las relaciones transversales entre funciones, como se ilustra en la Figura 1. Este marco de HCAM constituye la base para el diseño de un Juego Serio (SG) en desarrollo.

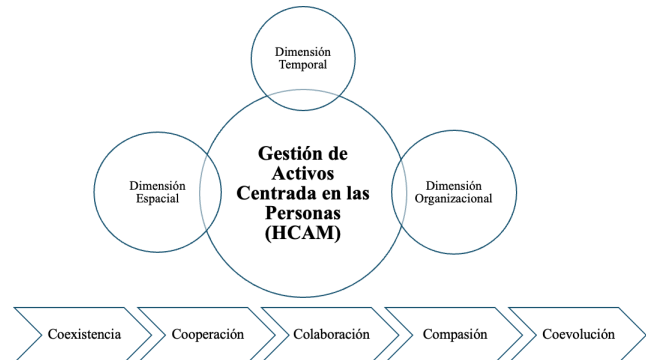


Fig 1. Representación del marco propuesto de Gestión de Activos Centrada en las Personas (HCAM) adaptado a las Relaciones Transversales, desarrollado mediante la adaptación de la evolución en cinco etapas de las relaciones humano-máquina [39] a las tres dimensiones del modelo de Gestión Integrada de Activos (IAM) [38].

## Juegos Serios en el Mantenimiento y la Gestión de Activos

La gamificación y los Juegos Serios (SGs) a menudo se confunden, ya que ambos utilizan elementos de los juegos para lograr objetivos más allá del mero entretenimiento. Sin embargo, la gamificación se refiere a la aplicación de elementos de diseño de juegos en contextos no lúdicos para involucrar y motivar a los usuarios hacia objetivos específicos [40]. En contraste, un Juego Serio es un juego diseñado explícitamente no solo para entretener, sino también para cumplir al menos un objetivo significativo [26].

Aunque se ha propuesto la gamificación como una herramienta efectiva para mejorar el compromiso y fomentar mejoras en la Gestión de Activos (AM) [41] y [42], esta sección se centra exclusivamente en el uso de los Juegos Serios en el mantenimiento y la gestión de activos.

El marco de clasificación presentado en este trabajo se basa en categorías establecidas por [43]

y [44]. Estas categorías incluyen la disciplina temática, la distinción entre juegos físicos y digitales, el género del juego y los resultados del juego. Además, se introdujeron dos elementos adicionales para abordar la Gestión de Activos Centrada en las Personas (HCAM) y su enfoque en las relaciones transversales entre funciones.

En esta clasificación, la disciplina temática distingue entre el mantenimiento y la gestión de activos (AM). La categoría de físico vs. digital diferencia los juegos según su medio: elementos físicos, como un tablero, o plataformas virtuales, como implementaciones basadas en software.

En cuanto al género del juego, todos los juegos revisados son multijugador; sin embargo, la distinción radica en el modo multijugador [45]. En los juegos cooperativos, los jugadores pueden tener diferentes tareas (es decir, roles), pero trabajan hacia un objetivo común sin objetivos específicos para cada rol. Por el contrario, los juegos colaborativos asignan objetivos distintos a cada rol, cuyos esfuerzos combinados contribuyen al objetivo compartido.

En lo que respecta al resultado del juego, todos los juegos revisados están diseñados con fines de aprendizaje. Estos juegos proporcionan entornos experienciales donde los participantes se involucran activamente y adquieren una comprensión más profunda de los sistemas en cuestión [46]. Por consiguiente, este aspecto se ha categorizado como resultado de aprendizaje en lugar de resultado del juego.

Para abordar la Gestión de Activos Centrada en las Personas (HCAM) adaptada a las relaciones transversales, se han introducido dos categorías adicionales:

1. Juego de rol único vs. multirol: Esta categoría distingue los juegos de rol según la variedad de roles asignados a los participantes.

2. Categoría de contexto: Evalúa el escenario modelado por el juego. Dado el uso planificado de la analogía como herramienta clave, esta categoría enfatiza la identificación de juegos que modelen situaciones distintas de la realidad organizacional de los participantes.

La clasificación de Juegos Serios (SGs) desarrollados en mantenimiento y gestión de activos (AM) se resume en la Tabla 1. Los juegos multirol y colaborativos muestran un gran potencial para modelar la complejidad de las relaciones transversales, ya que imitan de manera cercana las realidades organizacionales donde los departamentos tienen tareas y objetivos distintos.

Es notable que solo un juego, *Snakes and Ladders*, utilizó la herramienta de analogía al modelar el diseño de un juego de mesa ampliamente conocido. Este enfoque arrojó resultados prometedores, permitiendo a los participantes evitar sentirse abrumados por las complejidades de imitar realidades organizacionales y, en su lugar, centrarse en vincular su aprendizaje con el contexto organizacional.

## Conclusión

Sin embargo, aunque los juegos revisados abordaron de manera efectiva los resultados de aprendizaje técnico, ninguno se enfocó específicamente en fomentar la conciencia cultural en el contexto de la Gestión de Activos Centrada en las Personas (HCAM). Para llenar esta brecha, se incluyen las características objetivo del juego serio en desarrollo **From Silos to Synergy** en la tabla. Se priorizará un prototipo digital como la primera iteración, ofreciendo un entorno flexible que puede ajustarse fácilmente para desarrollos futuros.

**Tabla 1. Comparativa de SGs desarrollados en los campos de mantenimiento y AM.**

	<b>Disciplina Temática</b>	<b>Físico vs. Digital</b>	<b>Rol</b>	<b>Género del Juego</b>	<b>Resultado de Aprendizaje</b>	<b>Contexto</b>
The Manufacturing Game [47]	Gestión de mantenimiento	Físico	Multirol	Colaborativo	Conciencia cultural sobre el Mantenimiento Productivo Total	Empresa Manufacturera
The Asset Management Game [48]	Gestión de activos	Físico	Multirol	Colaborativo	Hoja de Ruta para el desarrollo de la Gestión de Activos	Empresa de Servicios de Agua
Snakes and Ladders [49]	Gestión de activos	Físico	Rol único	Cooperativo	Planificación estratégica en la Gestión de Activos	Diseño de Juegos de Mesa
The Maintenance Tactic Game [50]	Gestión de mantenimiento	Digital	Rol único	Cooperativo	Vinculación de las decisiones tácticas de mantenimiento con el valor	Empresa Cerámica
Asset Management Simulator [51]	Gestión de activos	Digital	Multirol	Colaborativo	Vinculación de las decisiones estratégicas de Gestión de Activos con el valor	Empresa Genérica
The GAME [52]	Gestión de mantenimiento	Digital	Rol único	Cooperativo	Vinculación de las decisiones estratégicas de mantenimiento con el valor	Empresa Farmacéutica
The Maintenance Management Game [53]	Gestión de mantenimiento	Físico	Multirol	Cooperativo	Conciencia cultural sobre la Transformación Digital	Operador Ferroviario
From Silos to Synergy	Gestión de activos	Digital	Multirol	Colaborativo	Conciencia cultural sobre la Gestión de Activos centrada en las personas	Finanzas Personales

## REFERENCIAS

- [1] IAM (2024). Asset management – an anatomy. Technical report, The Institute of Asset Management.
- [2] Burns, P. (2023). The Story of Asset Management. Talking Infrastructure.
- [3] PAC (1987). Biennial Conference of Public Accounts Committees. Technical report, Public Accounts Committee of New South Wales.
- [4] Crespo, A., Macchi, M., and Parlikad, A. (2020). Fundamental concepts and framework. Value Based and Intelligent Asset Management, 3–38.
- [5] de Almeida, N.M., Vieira, J., Silva, J.G., and e Castro, C. (2021). The impact of asset management development programs in infrastructure organizations. In Proceedings of the International Conference on Automation Innovation in Construction (CIAC), 247–258. Springer.
- [6] Barbieri, G., Vega, A.S., Gutierrez, J., Laserna, J., and Mateus, L. (2024). Strategic capital investments in asset management: a value-based approach. Journal of Quality in Maintenance Engineering, in press.
- [7] Perrow, C. (2014). Complex Organizations: A Critical Essay. Echo Point Books & Media.
- [8] Sanchez-Londono, D., Barbieri, G., and Fumagalli, L. (2023). Smart retrofitting in maintenance: a systematic literature review. Journal of Intelligent Manufacturing, 34(1), 1–19.
- [9] Usmani, U.A., Happonen, A., and Watada, J. (2023). Advancements in industry 4.0 asset management: Interoperability and cyber security challenges and opportunities. In Proceedings of the Future Technologies Conference, 468–488. Springer.
- [10] Kok, A., Martinetti, A., and Braaksma, J. (2024a). The impact of integrating information technology with operational technology in physical assets: a literature review. IEEE Access.
- [11] Florez-Jimenez, M., Lleo, A., Ruiz-Palomino, P., and Muñoz-Villamizar, A. (2024). Corporate sustainability, organizational resilience, and corporate purpose: a review of the academic traditions connecting them. Review of Managerial Science, 1–38.
- [12] Clarysse, B., Wright, M., Bruneel, J., and Mahajan, A. (2014). Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystems. Research policy, 43(7), 1164–1176.
- [13] Trauernicht, N., Braaksma, J., Haanstra, W., and van Dongen, L.A. (2024). The impacts on interorganizational project coordination: A multiple case study on large railway projects. Project Management Journal, 87569728241265927.
- [14] IAM (2021). Developing and Maintaining a Strategic Asset Management Plan (SAMP). Technical report, The Institute of Asset Management.
- [15] GFMAM (2024). Digital Transformation in Maintenance and Asset Management. Technical report, Global Forum on Maintenance & Asset Management.
- [16] Parlikad, A.K. and Jafari, M. (2016). Challenges in infrastructure asset management. IFAC-PapersOnLine, 49(28), 185–190.
- [17] Goti, A., Akyazi, T., Oyarbide, A., and Alberdi, E. (2022). Reshaping industry job profiles to better meet future asset management needs. In



World Congress on Engineering Asset Management, 343–353. Springer.

[18] Barbieri, G. and Hernandez, J.D. (2024). Sustainability indices and ram analysis for maintenance decision making considering environmental sustainability. *Sustainability*, 16(3), 979.

[19] Breque, M., De Nul, L., and Petridis, A. (2021). Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Technical report, EU publications.

[20] Pigatto, G., Cinquini, L., Tenucci, A., and Dumay, J. (2023). Disclosing value creation in integrated reports according to the six capitals: a holistic approach for a holistic instrument. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 14(7), 90–123.

[21] Ratnayake, R.C. (2013). Sustainable performance of industrial assets: The role of pas 55-1&2 and human factors. *International Journal of Sustainable Engineering*, 6(3), 198–211.

[22] ISO 55012 (2024). Asset management — Guidance on people involvement and competence. Standard, International Organization for Standardization.

[23] Johnson, C. (2010). Creating an asset management culture. In *Asset Management: Whole-life management of physical assets*, 116–137. Thomas telford.

[24] Deal, T. and Kennedy, A. (1982). *Corporate Cultures: The Rites and Rituals of Corporate Life*. Basic Books.

[25] Hiatt, J. (2006). *ADKAR: a model for change in business, government, and our community*. Prosci.

[26] Abt, C. (1987). *Serious Games*. University press of America.

[27] Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., and Wiemeyer, J. (2016). *Serious games: Foundations, Concepts and Practice*. Springer.

[28] Barbieri, G., Zapata, F., and Roa De la Torre, J.D. (2025). Transforming learning environments: Asset management, social innovation, and design thinking for educational facilities 5.0. *IEEE Access*.

[29] Brown, T. and Katz, B. (2011). Change by design. *Journal of product innovation management*, 28(3), 381–383.

[30] Liedtka, J. and Ogilvie, T. (2019). *The designing for growth field book: A step-by-step project guide*. Columbia University Press.

[31] Diop, I., Abdul-Nour, G., and Komljenovic, D. (2022). Asset and risk management approach in the context of complexity in industry 4.0/5.0 systems. In *World Congress on Engineering Asset Management*, 508–520. Springer.

[32] Chabane, B., Komljenovic, D., and Abdul-Nour, G. (2023). Converging on human-centred industry, resilient processes, and sustainable outcomes in asset management frameworks. *Environment Systems and Decisions*, 43(4), 663–679.

[33] Lin, J., Shen, J., and Silfvenius, C. (2024). Human-centric and integrative lighting asset management in public libraries: insights and innovations on its strategy and sustainable development. *Sustainability*, 16(5), 2096.

[34] Kour, R., Castaño, M., Karim, R., Patwardhan, A., Kumar, M., and Granström, R. (2022). A human-centric model for sustainable asset management in railway: A case study. *Sustainability*, 14(2), 936.

- [35] Oliveri, L., Iacono, N.L., Chiacchio, F., Facchini, F., and Mossa, G. (2024). A decision support system tailored to the maintenance activities of industry 5.0 operators. *IFAC-PapersOnLine*, 58(8), 186–191.
- [36] Padovano, A., Cardamone, M., and Klaess, J. (2024). Empowering operator 5.0: human-centric design of an augmented reality tool for a learning factory. *IFAC-PapersOnLine*, 58(8), 180–185.
- [37] Van Aalderen, N., Brouwer, S., Koop, S., Hegger, D., and Mees, H. (2023). Deliberate stakeholder engagement: a framework of considerations for integrated asset management of water utilities. *Urban Water Journal*, 20(8), 995–1005.
- [38] Laue, M., Brown, K., Scherrer, P., and Keast, R. (2014). Integrated strategic asset management: frameworks and dimensions. *Infranomics: sustainability, engineering design and governance*, 75–87.
- [39] Lu, Y., Zheng, H., Chand, S., Xia, W., Liu, Z., Xu, X., Wang, L., Qin, Z., and Bao, J. (2022). Outlook on human-centric manufacturing towards industry 5.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 62, 612–627.
- [40] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., and Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*, 9–15.
- [41] Seecharan, T. (2023). A review of personalised gamified applications. In *World Congress on Engineering Asset Management*, 227–238. Springer.
- [42] Ismagilova, G., Lysenko, E., and Bozheskov, A. (2023). Gamification in industry: Simulation-game modeling of production processes. In *International Conference on Professional Culture of the Specialist of the Future*, 231–245. Springer.
- [43] Connolly, T.M., Boyle, E.A., MacArthur, E., Hainey, T., and Boyle, J.M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & education*, 59(2), 661–686.
- [44] Boyle, E.A., Hainey, T., Connolly, T.M., Gray, G., Earp, J., Ott, M., Lim, T., Ninaus, M., Ribeiro, C., and Pereira, J. (2016). An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers & Education*, 94, 178–192.
- [45] Mildner, P. and Mueller, F. (2016). Design of serious games. In *Serious Games: Foundations, Concepts and Practice*, 57–82. Springer.
- [46] Mayer, I. and Veeneman, W. (2003). *Games in a world of infrastructures*. University of Chicago Press.
- [47] Winston, L., Winston, L., and Sherri, A. (2012). Don’t Just Fix It, Improve It: A Journey to the Precision Domain. *Reliabilityweb.com*.
- [48] Van den Boomen, M., Duijhuizen, J., and Staverman, T. (2012). The management game asset management’. In *Proceedings of the Third International Engineering Systems Symposium (CESUN 2012)*, 1–10.
- [49] Hodkiewicz, M. (2015). Designing snakes and ladders: An analogy for asset management strategy development. *Simulation & Gaming*, 46(5), 455–470.
- [50] Jooste, J.L., Louw, L., von Leipzig, K., Conradie, P.D., Asekun, O.O., Lucke, D., and Hagedorn-Hansen, D. (2020). Teaching maintenance plan development in a learning factory environment. *Procedia manufacturing*,

45, 379–385.

[51] Van Breda, I.M., Jooste, J.L., and Hummel, V. (2023). A gamified learning approach using systems modelling for understanding the effects of asset management decision-making. In International Conference on Competitive Manufacturing (COMA), 537–550. Springer.

[52] Mainnovation (2024). The game: The great asset management experience. URL <https://www.mainnovation.com/solutions/the-game/>. Accessed on 2024-12-20.

[53] Kok, A., Moerman, J.j., Haanstra, W., Martinetti, A., and Braaksma, J. (2024b). A serious maintenance management game for decision-making on digitized railway assets. *Procedia CIRP*, 122, 1–6.

Luis Alfredo Esteves-Meneses pertenece al equipo de generación hidráulica y eólica de la compañía Celsia Colombia. Cuenta con experiencia en operación y mantenimiento de centrales hidroeléctricas, actualización tecnológica; diseño, desarrollo y retrofit de sistemas de regulación de velocidad para turbinas hidráulicas, sistemas de regulación de tensión para máquinas síncronas y sistemas de control. De profesión ingeniero electricista, cuenta con un M.S. en ingeniería eléctrica. Trabajó como asistente de investigación en diferentes proyectos de la Universidad del Valle - Colombia, actualmente es miembro del equipo de desarrollo del CDAG - centro de diagnóstico de avanzada generación de Celsia.

Giacomo Barbieri es Profesor Asistente en la Cátedra de Gestión de Activos e Ingeniería de Mantenimiento en la Universidad de Twente

(Países Bajos). Obtuvo su licenciatura y maestría en Ingeniería Mecánica (en 2010 y 2012, respectivamente) y un doctorado en Ingeniería de Innovación Industrial (2016) de la Universidad de Módena y Reggio Emilia. Entre 2016 y 2023, trabajó en la Universidad de los Andes (Bogotá, Colombia), inicialmente como Profesor Asistente y posteriormente como Profesor Asociado, antes de trasladarse a los Países Bajos en 2024. Es miembro de los comités técnicos de la Federación Internacional de Control Automático (IFAC) en "Control de Plantas de Manufactura" (5.1). Su principal experiencia incluye la Gestión de Activos, el Mantenimiento Inteligente, el Co-Diseño y la Toma de Decisiones. Giacomo se desenvuelve en entornos transdisciplinarios y aplica enfoques centrados en el ser humano y basados en el valor a estos campos tecnológicos.

Freddy Zapata es diseñador, artista y académico de Bogotá, Colombia. Obtuvo su título de pregrado en Diseño Industrial en la Universidad Jorge Tadeo Lozano y una Maestría en Artes en Diseño de Productos del Royal College of Art en Londres, así como un Executive MBA de la Universidad de los Andes. Entre 2001 y 2011, se desempeñó como Director del programa de Diseño en la Universidad de los Andes y actualmente ocupa el cargo de Profesor Asociado. Su trabajo se centra en la innovación social y la co-creación en el diseño de productos y servicios, especialmente en iniciativas relacionadas con el diseño de alimentos, la agricultura y el turismo. Zapata es fundador del AgroLab en la Universidad de los Andes y desde 2011 se ha destacado como escultor, exhibiendo sus obras en diversas galerías y subastas. También ha colaborado con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia en el desarrollo de directrices para productos de investigación.