Universidad Europea

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Propuesta de implantación de la perspectiva ciclo de vida a un hospital ficticio español

Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión

Alumno: Sergio Ortiz Cabrero

TUTOR: Eduardo Miguel Pilkington González

Madrid, 2024

ÍNDICE

1 RESUMEN / ABSTRACT 2
2 INTRODUCCIÓN 5
3 OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN 8
4 ANTECEDENTES 9
5 METODOLOGÍA 15
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 21
7 CONCLUSIONES 30
8 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN 32
9 BIBLIOGRAFÍA 35

1 RESUMEN / ABSTRACT

Resumen

El análisis de ciclo de vida (ACV) se ha consolidado recientemente como una herramienta muy útil a la hora de determinar el impacto en el medio ambiente de procesos y productos, identificando incluso qué partes o etapas específicas son las más problemáticas. Su aplicación a hospitales es especialmente relevante, al permitir identificar las etapas de su cadena de valor con más impacto en el medio ambiente, en un tipo de entidad cuya actividad tiene de por sí un gran potencial en este sentido.

En este trabajo fin de máster se ha llevado a cabo una propuesta de implantación de la perspectiva ciclo de vida a un hospital ficticio español que, se ha supuesto, tiene implantado un sistema de gestión de la calidad. La propuesta se ha dividido en 3 etapas, que plantean recomendaciones y la metodología a desarrollar para (i) determinar el grado de implantación del sistema de gestión de la calidad y los procesos más relevantes del hospital de cara a la implantación del ACV; (ii) desarrollar cada una de las fases del análisis de ciclo de vida y cuantificar los impactos del proceso elegido en base a varios indicadores ambientales; e (iii) identificar los riesgos y oportunidades que supone para el hospital aplicar esta perspectiva.

Se espera que la realización de este trabajo permita entender mejor qué es la perspectiva ciclo de vida y que sirva de referencia para futuros estudios que busquen aplicarla al sector sanitario en general, y a aquellos hospitales que decidan implantarla en particular.

Abstract

Life Cycle Assessment (LCA) has recently established itself as a very useful tool for determining the environmental impact of processes and products, even identifying which specific parts or stages are the most problematic. Its application to hospitals is particularly relevant, as it allows the identification of the stages of the value chain that have the greatest impact on the environment, in a type of entity whose activity has great potential in this regard.

In this master's thesis, a proposal is put forward regarding the implementation of the life cycle perspective in a fictitious Spanish hospital, which, it is assumed, has a quality management system in place. The proposal has been divided into 3 stages, which state the recommendations and the methodology to develop to (i) determine the degree of implementation of the quality management system and the most relevant processes of the hospital for the implementation of the LCA; (ii) develop each of the phases of the life cycle analysis and quantify the impacts of the chosen process based on various environmental indicators; and (iii) identify the risks and opportunities for the hospital to apply this perspective.

The aim is that this work will provide a better understanding of what the life cycle perspective is, and that it will serve as a reference for future studies that seek to apply it to the healthcare sector in general, and to those hospitals that decide to implement it in particular.

2 INTRODUCCIÓN

El interés por el medio ambiente y todas las disciplinas relacionadas con este ha aumentado considerablemente en los últimos años, alcanzando a todos los miembros de la sociedad y forzando la adaptación de empresas y entidades, tanto públicas como privadas (Rubio, 1999). Actualmente existe un gran interés y una elevada expectativa en la sociedad por que las organizaciones puedan demostrar el impacto que tienen sobre ésta y sobre el medioambiente (Carillo et al., 2016), lo que las ha llevado a desarrollar métodos de innovación verde y a aprovechar oportunidades relacionadas con el mismo (Freeman, 2010). La integración de medidas relacionadas con el medio ambiente en las actividades económicas de las empresas les ha permitido cumplir con requisitos legales, y de paso beneficiarse del ahorro de costes en varios procesos, así como de la detección y explotación de nuevas oportunidades de negocio (Rubio, 1999). Las oportunidades explotadas que siguen un criterio ecológico a la hora de realizar operaciones suponen además un impacto indirecto en la imagen corporativa, que resulta beneficiada ante la ciudadanía y otros agentes sociales implicados (Galbreath & Shum, 2012). El aumento de la reputación de la organización se traduce a su vez en una mayor confianza por parte de los agentes sociales externos e internos implicados, y una creación de valor sostenible que ofrece a las organizaciones una mayor competitividad frente a sus rivales (Ardiansyah & Alnoor, 2024). Por todas estas razones es que las últimas décadas han sido testigo de un incremento importante de los esfuerzos medioambientales que llevan cada vez mayor número de organizaciones.

Es en este contexto de innovación verde y preocupación ambiental que surgen una serie de manuales, estándares y recopilaciones de buenas prácticas en materia de medio ambiente, que profundizan en conceptos como los aspectos ambientales y el ciclo de vida. La Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés *International Organization for Standardization*) es la entidad que ha desarrollado a nivel internacional una serie de estándares relacionados con la calidad y el medio ambiente, entre otros. Estos estándares se basan en la gestión por procesos en el seno de las organizaciones; un "instrumento básico" para organizaciones innovadoras (Nariño et al., 2009), y una estructura avanzada que permite gestionar los procesos que se llevan a cabo en el seno de una entidad de forma horizontal, dotándola de estructuras "fundamentalmente facilitadoras y coordinadoras", con un menor "componente de mando que las estructuras verticales" (Ruiz et al., 2006). Los procesos se interrelacionan y agrupan en mapas de procesos (Aboal et al., 2008), que destacan también las actividades a perfeccionar dentro de la organización para poder alcanzar los resultados que los clientes desean (Nariño et al., 2009). La adopción de estos estándares de manera voluntaria se ha extendido por todo el mundo, y la ISO se encarga de designar profesionales y entidades que revisan y certifican el cumplimiento de las organizaciones más comprometidas.

En el caso de la Gestión del Medio ambiente, la ISO estableció, en la última actualización de su norma de alto nivel ISO 14001 (2015), que uno de los requisitos que debe cumplir una organización a la hora de implantar un sistema de gestión medioambiental es

"contemplar la perspectiva ciclo de vida para el alcance definido por dicho sistema" (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2015a). Sin embargo, esta norma solamente menciona que las organizaciones han de reflexionar sobre cómo pueden aplicar esta perspectiva a sus actividades, pero de una forma teórica y poco profunda. Esto ha llevado a la elaboración de otras normas que sí detallan y profundizan en el análisis de ciclo de vida (ACV), como son la norma ISO 14040, que presenta una descripción general de la metodología, etapas y limitaciones que tiene este tipo de análisis (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2006a); y la norma ISO 14044, que contiene directrices y requerimientos para que un estudio de este calibre cumpla con los parámetros y las etapas que integran el ACV (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2006b).

Estas normas definen al ACV como una "técnica que trata los aspectos medioambientales relativos a las etapas de existencia de un producto o servicio", identificando los recursos "generados y usados hacia vectores ambientales" (Cardim, 2001) y permitiendo "identificar los impactos ambientales potenciales asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto" (Rodríguez, 2003). Esta clase de estudio es "de la cuna a la tumba", es decir, cubre todas las fases por las que pasa un producto o servicio; desde que se adquiere la materia prima necesaria para producirlo, hasta que se ha utilizado y se debe gestionar el residuo generado en consecuencia (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2006a). Sin embargo, a la hora de llevarlo a cabo y en función de variables que afectan al estudio como la tecnología, el área geográfica o el horizonte temporal se pueden definir otros límites de sistema, realizando estudios "cuna a puerta", "puerta a puerta", o "puerta a tumba" (Vidal et al., 2022), que cada entidad deberá definir en función de sus circunstancias particulares.

El análisis de Ciclo de Vida se realiza siguiendo una serie de pasos o fases, definidas en la norma ISO 14040:2006 (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2006a). Son 4 etapas, principalmente:

1. **Definición de objetivos y alcance del análisis de ciclo de vida**. En esta fase se han de definir los agentes que se van a ver involucrados en el análisis, el flujo de procesos y los tipos de datos que será necesario recopilar para llevar a cabo el análisis correctamente. (Williams, 2009).

2. **Análisis del inventario del ciclo de vida**. En esta fase se debe hacer un inventario de los inputs y outputs de los procesos dentro del alcance del sistema (Williams, 2009).

3. **Evaluación del impacto.** En esta fase se deben utilizar metodologías científicas reconocidas para cuantificar el impacto de ciertos procesos y actividades del sistema (Williams, 2009).

4. **Interpretación**. En esta fase se debe interpretar los resultados obtenidos de la fase anterior, así como elaborar una serie de conclusiones y recomendaciones a futuro para reducir o minimizar los impactos detectados (Williams, 2009).

Como ya se ha mencionado, el medio ambiente ha cobrado gran importancia en la forma en que se gestionan las actividades económicas y sociales, las cuales, independientemente de su naturaleza, siempre tienen un impacto directo en el mismo (Chamorro et al., 2022). Sin embargo, no todos los sectores de actividad impactan de la misma manera. El sector sanitario en concreto es, a nivel global, responsable del 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Karliner et al., 2020). Es especialmente contribuyente en países desarrollados, y ha sufrido un crecimiento notable en los países en vías de desarrollo en los últimos años (Holmner et al., 2012). La implementación progresiva de Sistemas de Gestión de calidad y medio ambiente en el sector sanitario en general y en hospitales en particular permite responder a las necesidades actuales del sector, ya que favorece el cambio como motor de la innovación (Rahmadi, 2010) y permite ofrecer un mayor control a la hora de proteger la salud de trabajadores, familiares y pacientes (Saad, 2003). También favorece un mayor equilibrio entre la atención sanitaria y el respeto al medio ambiente, situando a los hospitales como "organizaciones socialmente responsables" ante la ciudadanía (Vicente et al., 2016).

Por su parte, el análisis de ciclo de vida ha sido cada vez más utilizado en hospitales, ya que permite complementar la toma de decisiones estratégicas en estos centros en materia de medio ambiente y generar cambios en los procesos y actividades de los mismos (Seifert et al., 2021); así como identificar oportunidades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y ahorrar costes en hospitales (Sergeant et al., 2022). Es también especialmente relevante al permitir determinar las repercusiones en el medio ambiente y, por extensión, en las personas, de las actividades que se llevan a cabo en estos centros, cuya misión principal es en definitiva preservar la salud de las personas (Panaksri et al., 2024). Hay, por tanto, gran diversidad de enfoques y metodologías a la hora de gestionar el medio ambiente, y cada empresa o entidad ha de abordarlos de forma personalizada. Este estudio permite definir los esfuerzos necesarios para aplicar la perspectiva ciclo de vida a las características y circunstancias particulares del sector sanitario y los hospitales.

3 OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

Como se ha podido ver en el apartado de introducción, la preocupación creciente de la sociedad por el medio ambiente ha llevado a que organizaciones públicas y privadas de todos los ámbitos incorporen la visión y la innovación verdes a la planificación estratégica y operativa de sus actividades. El sector sanitario es el responsable del 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, y tiene un gran potencial para generar impactos en el medio ambiente fruto de su actividad. Es por ello que una herramienta como el análisis de ciclo de vida (ACV), cada vez más utilizada por su capacidad de cuantificar impactos ambientales de productos y procesos a lo largo de la cadena de valor de una organización, es especialmente útil aplicada a hospitales y centros médicos. La identificación y cuantificación de los impactos de un hospital puede llevar a un mejor desempeño ambiental de un sector tan crítico de nuestra sociedad como es el sanitario. Esto refuerza además el propósito de su actividad, ya que protegiendo el medio ambiente se protege también indirectamente la salud de las personas, ya que su deterioro y degradación son muchas veces la causa de trastornos y enfermedades.

El objetivo principal que se ha establecido para este trabajo fin de máster es desarrollar una propuesta de implantación de la perspectiva ciclo de vida en un centro sanitario ficticio, más concretamente en un hospital, que pueda servir de referencia a aquellos hospitales que deseen aplicarla a sus características propias. Para ello, se ha considerado que dicho hospital tiene implantado un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001:2015 y una gestión por procesos, lo que facilita la identificación de aquellos donde la implantación de este tipo de análisis puede resultar más crítica.

Asimismo, este estudio se centrará en los siguientes objetivos secundarios:

(i) determinar cuáles son los procesos clave a los que aplicar esta perspectiva
(ii) planificar detalladamente la implantación en dichos procesos
(iii) identificar los principales riesgos y oportunidades que presenta el aplicar dicha perspectiva.

Antes de profundizar en la metodología que se ha propuesto para llevar a cabo la implantación, y en los resultados, que conforman la guía de acciones y recomendaciones a tener en cuenta para implantar el ACV en un hospital; el trabajo presenta también una revisión de la literatura que ha tratado hasta ahora la gestión del medio ambiente y del ciclo de vida en el sector sanitario, así como su evolución a lo largo del tiempo.

4 ANTECEDENTES

Como se ha mencionado en el apartado de introducción, la preocupación por el medio ambiente en general y por el cambio climático en particular no ha dejado de crecer, lo que ha llevado a las entidades gubernamentales de todo el mundo a adoptar medidas y normativas que traten de paliar el efecto generado por la actividad humana. La elaboración, desarrollo y publicación de normativa en todos los ámbitos, incluido el ambiental, se ha elaborado históricamente en forma de sistemas intranacionales independientes, que constituían principios jurídicos propios e identificaban y adaptaban medidas y elementos considerados relevantes de los sistemas de otras naciones. Sin embargo, esta visión ha quedado atrás, sobre todo en la regulación relativa a medio ambiente, que actualmente sigue tendencias de "convergencia e integración" de unos principios jurídicos ambientales considerados parte del patrimonio mundial, que cualquier nación puede tomar prestados y adoptar como propios (Yang & Percival, 2009).

Es en este contexto de cooperación internacional que surgen diversos acuerdos y tratados que buscan encontrar puntos comunes en materia de medio ambiente, ya sea para establecer metas o limitar o regular el uso de determinados compuestos. Algunos acuerdos clave a nivel internacional son la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, llevada a cabo en 1992, que establece un marco para abordar el cambio climático a nivel mundial; el protocolo de Kioto, establecido en 1997, que busca establecer metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para los países participantes (Protocol, 1997); o el Acuerdo de París, alcanzado en el año 2015, que busca limitar el calentamiento global por debajo de los 2ºC sobre los niveles preindustriales (Seo, 2017).

Actualmente el acuerdo internacional más relevante que se encuentra vigente son los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y Agenda 2030, sucesores espirituales de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) redactados en el año 2000 y con el año 2015 como fecha de cumplimiento. Los ODS surgen como respuesta a la redistribución del poder y la riqueza fruto de la globalización, así como la diversificación y la privatización de la financiación del desarrollo (Sanahuja & Tezanos, 2017); y buscan promover un cambio de visión de la sociedad y su relación con la naturaleza, con el objetivo de eliminar la pobreza sin causar daños y costes irreversibles a los sistemas que son el soporte vital del planeta (Assembly, 2015).

Uno de los puntos fuertes de los ODS es que buscan aplicarse a las actividades de todas las organizaciones, sean públicas o privadas e independientemente del sector al que pertenezcan (Camarán et al., 2019). El sector sanitario, que como ya se ha comentado contribuye notablemente a la emisión de gases de efecto invernadero y al cambio climático, no es una excepción. Chotchoungchatchai et al., (2020) analizan en su estudio "*Primary health care and sustainable development goals*" el papel que tienen estos Objetivos en el sector, destacando aquellos que pueden conseguirse tratando la atención médica universal en general y la atención médica primaria en particular como agentes complementarios, frente a otros que solo pueden conseguirse mediante la acción transversal y el involucramiento los agentes

sociales pertenecientes a múltiples sectores de la sociedad. El estudio concluye, como se puede apreciar en la siguiente ilustración, que los ODS aplicables al sector sanitario y alcanzables mediante la correcta gestión del mismo son principalmente el ODS nº2 (hambre cero), y más concretamente el ODS 2.2 (eliminación de toda forma de malnutrición); y el ODS nº3 (salud y bienestar), y sus objetivos derivados, como son la reducción de la mortalidad global de las madres, el mayor acceso a medicinas y vacunas esenciales o lograr detener las epidemias de enfermedades históricamente letales como son el SIDA, la tuberculosis o la malaria; entre otros.

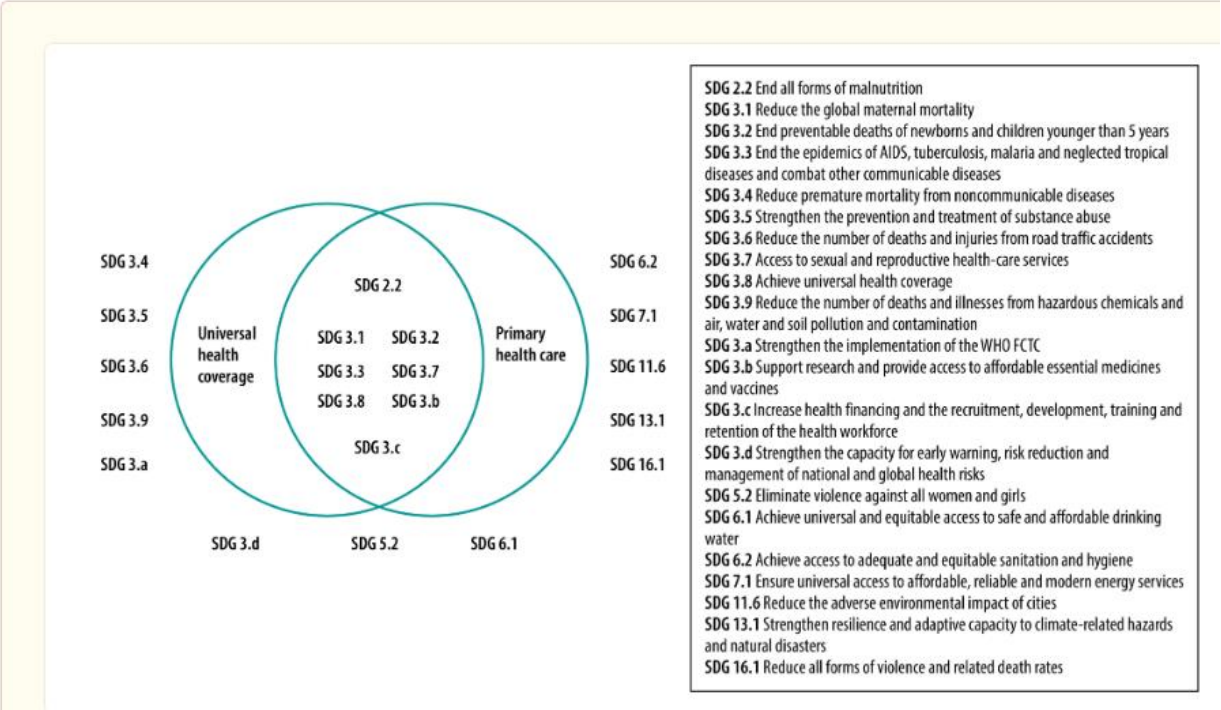

Ilustración 1. Contribución de la atención médica universal y la atención médica primaria al cumplimiento de los ODS relacionados con el sector sanitario y la salud. Fuente: Chotchoungchatchai et al., (2020).

Todos estos acuerdos internacionales, regulaciones y normativas ambientales pueden inicialmente resultar abrumadoras, al suponer un gran esfuerzo de cooperación y de inversión en métodos y operaciones que pongan el bienestar social y ambiental como prioridad. Sin embargo, el aumento de la regulación medioambiental también presenta oportunidades y tiene efectos positivos en la innovación a nivel ecológico, ya que atrae a nuevos agentes que se implican en el mercado y contribuyen a la diversificación de operaciones y "tecnologías verdes" (Yan et al., 2024) aplicadas a organizaciones de ámbitos muy diversos. En el sector sanitario, y más concretamente en los hospitales, la gestión de todo aspecto y proceso relacionado con el medio ambiente ha puesto tradicionalmente el foco en el manejo y tratamiento de residuos sólidos, sujetos a normativas específicas, descuidando aspectos como el consumo de energía,

agua y medicamentos (Rodríguez et al., 2016) y de dietas de los pacientes y alimentos en general (Vidal et al., 2015). Hay estudios que concluyen que una parte importante de la huella ambiental de los hospitales está relacionada con la realización de la actividad médica en sí, sobre todo las "decisiones respecto al uso de medicamentos y dispositivos electrónicos" (McGain & Naylor, 2014), que alcanzan un punto de utilización óptima dentro de las actividades del hospital pero eventualmente se eliminan para dar paso a nuevas tecnologías que los sustituyan (Padilla & Licona, 2010), así como los propios instrumentos quirúrgicos utilizados (Muñoz et al., 2003). Otros estudios declaran que uno de los mayores impactos de los centros sanitarios proviene de la utilización de sustancias tóxicas en su actividad diaria; que pueden escapar al medio y afectarle en forma de emisiones, vertidos o residuos (Regula et al., 2021).

La correcta gestión de estos últimos es crítica, para evitar que sean vertidos al medio y puedan generar daños (Malik et al., 2023). Se consideran residuos sanitarios a todos aquellos "generados por o en los centros sanitarios, incluidos los envases y los residuos de envases que los contengan o los hayan contenido" (Conde et al., 2005), y varias Comunidades Autónomas españolas tienen sus propias normas legales sobre dichos residuos (Solé & Espadalé, 2022). Concretamente, existen 12 Comunidades Autónomas que actualmente poseen legislación específica sobre residuos sanitarios (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico 2024), y de forma general estos se pueden subdividir en los siguientes tipos:

- Residuos domésticos: residuos generados en centros sanitarios asimilables a los generados en los hogares.
- Residuos biosanitarios: residuos que deben ser gestionados independientemente por su riesgo de infección. Incluyen objetos cortantes/punzantes.
- Residuos biosanitarios asimilables a urbanos: residuos propios de la actividad sanitaria que no conllevan riesgo de infección y pueden ser gestionados junto a los domésticos.
- Cadáveres y restos humanos
- Residuos químicos: caracterizados por su contaminación química.
- Residuos de medicamentos citotóxicos y citostáticos: residuos que presentan riesgos carcinógenos, mutágenos o para la reproducción humana.
- Residuos radioactivos: sustancias radioactivas.

Los residuos biosanitarios, los químicos, los medicamentos citotóxicos y citostáticos y los residuos radiactivos tienen características de peligrosidad de acuerdo al Anexo III de la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados, por lo deben ser gestionados como residuos peligrosos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2024), almacenándose no más de 6 meses como norma general e incinerándose a elevadas temperaturas para destruir a los agentes infecciosos, para finalmente depositarlos en un vertedero específico para residuos peligrosos (Pérez, 2018).

Dado que los residuos son un aspecto tan importante para el medio ambiente, debido a su impacto potencial y a que son el resultado directo de las actividades realizadas y de los productos usados en el seno de los hospitales (Conde et al., 2005), es entendible que sean

generalmente el foco principal a la hora de gestionar ambientalmente un hospital (Rodríguez et al., 2016). Son, sin embargo, un problema de naturaleza compleja; ya que la etapa de gestión y tratamiento de los residuos es de las últimas en el ciclo de vida, y normalmente ni siquiera es llevada a cabo por el propio hospital, donde tan solo se los segrega y almacena hasta que son recogidos por otra entidad que los transporta y gestiona (Padmanabhan & Barik, 2019). Esto puede llevar a pensar que los residuos son solo uno de los aspectos a considerar a la hora de medir el impacto ambiental completo y real de los hospitales.

Pese a que el concepto de ciclo de vida y sus etapas se ha estandarizado y popularizado de forma reciente, lleva bastante tiempo siendo discutido entre organizaciones y entidades relacionadas con el medio ambiente. Los primeros métodos orientados al ciclo de vida datan de la década de 1960, y fueron desarrollados conjuntamente por universidades e industrias de los Estados Unidos y el norte de Europa (Bjorn et al., 2018). En el año 1974 la Agencia de Protección Medioambiental estadounidense (EPA, por sus siglas en inglés) encargó la revisión y la publicación por parte de la comunidad científica del primer estudio de ciclo de vida, sobre alternativas de envases de bebidas, y en el año 1989 se lanzó la primera versión del software GaBi, lo que marcó el principio del uso de softwares para llevar a cabo este tipo de análisis a un nivel más comercial y no necesariamente gubernamental e institucional (Bjorn et al., 2018). Otros hitos destacables en la historia del ACV fueron el lanzamiento de la primera versión del estándar ISO 14040 en el año 1997, que recogía los principios y el marco de trabajo necesarios para llevar a cabo este tipo de estudios; y la formación en el año 2002 de la "Iniciativa Global de Ciclo de Vida", a partir de la unión de la *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), con el fin de promover el ACV a nivel mundial (Bjorn et al., 2018).

Desde el comienzo de su historia, el ACV ha sido aplicados tradicionalmente al sector de envases, seguido de la industria química y los plásticos, y en menor medida residuos (Zaénz & Zufía, 1996). Sin embargo, a raíz de la serie de hitos comentada anteriormente, se han seguido desarrollando aplicaciones, enfoques y softwares, que han permitido que el ACV sea cada vez más utilizado y aplicado a más tipos de productos. Esta perspectiva ha llegado incluso a ser incluida en las políticas y ministerios de medio ambiente de algunos países, como el Ministerio de Transición Ecológica de Francia o el Ministerio de Medio ambiente de Italia (Life Cycle Initiative, 2017), entre otros. Sin embargo, no siempre se ha llevado a cabo de forma completa. Muchos ACV realizados han sido parciales (aplicando solo alguna de sus fases en vez de analizar el ciclo completo del producto), y, además,

Pese a que esta perspectiva fuera en un primer momento orientada sobre todo a la industria, en los últimos años se ha consolidado como una herramienta útil en otros sectores, entre ellos el sanitario. La aplicación del ACV a los hospitales ha permitido obtener numerosas conclusiones sobre cómo funcionan estas instituciones y qué impacto tienen en el medio ambiente y la sociedad. La realización de estudios recientes ha permitido determinar que gran parte de la contribución de éstos al efecto invernadero en concreto y al cambio climático en general se debe a que los centros sanitarios y hospitales ya construidos no son muy eficientes

energéticamente y consumen grandes cantidades de energía (Prada et al., 2020), principalmente en calefacción y electricidad para equipos e iluminación (Regula et al., 2021). El consumo de energía es también significativo en todas las operaciones que el hospital lleva a cabo. McAlister et al., (2021) determinan en su estudio "*An LCA of hospital pathology testing*" el gran impacto que tienen actividades rutinarias como los análisis de sangre y orina, debido principalmente al uso de tubos y frascos, que se deben adquirir y desechar en grandes cantidades; y la cantidad de energía que consume la maquinaria utilizada. Aunque el impacto a nivel individual (por análisis) no es tan grande, la realización de este tipo de operaciones cada día para millones y millones de personas en todo el mundo hace que McAlister et al., recomienden llevar a cabo estos análisis solo en los casos en los que es realmente necesario, así como adquirir materiales, sustancias y equipos más eficientes y sostenibles (McAlister et al., 2021).

Sin embargo, la gestión de los residuos sigue siendo un aspecto que debe ser tenido en cuenta. Estudios como el de Ali et al., 2016 determinan que el manejo y el tratamiento de residuos sigue siendo un punto débil en la gestión medioambiental de los hospitales, ya que el envío de estos a lugares ex – situ para su incineración o cualquier otro tipo de tratamiento supone no solo un coste económico elevado, sino también una emisión nada desdeñable de gases de efecto invernadero relativos al transporte. Destacan también en su artículo la gran importancia que tiene que los hospitales cuenten con planes integrados de gestión de residuos (Ali et al., 2016). Esta visión del gran impacto que tiene el transporte, especialmente de residuos, a la hora de medir el impacto ambiental de los hospitales se corresponde también con estudios recientes como el de Lau et al., (2024), llevado a cabo en una institución de Países Bajos, que concluye que el mayor impacto del hospital en cuanto a emisiones se corresponde al alcance 3 de la huella de carbono, en un 72,1%, determinado por la compra de bienes y servicios; seguido del alcance 2, determinado por la compra de electricidad, y, en menor medida, por el alcance 1, determinado por emisiones fijas de combustión. Asimismo, las áreas del hospital con mayor impacto fueron Pediatría, Inmobiliaria y Hematología, al requerir mayor cantidad de recursos y medicamentos (Lau et al., 2024).

La categorización de las emisiones de gases de efecto invernadero en 3 alcances fue definida por el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero en 1998 (*GHG Protocol* en inglés), en función del origen de las mismas. A continuación se muestra una ilustración con la diferencia entre alcances:

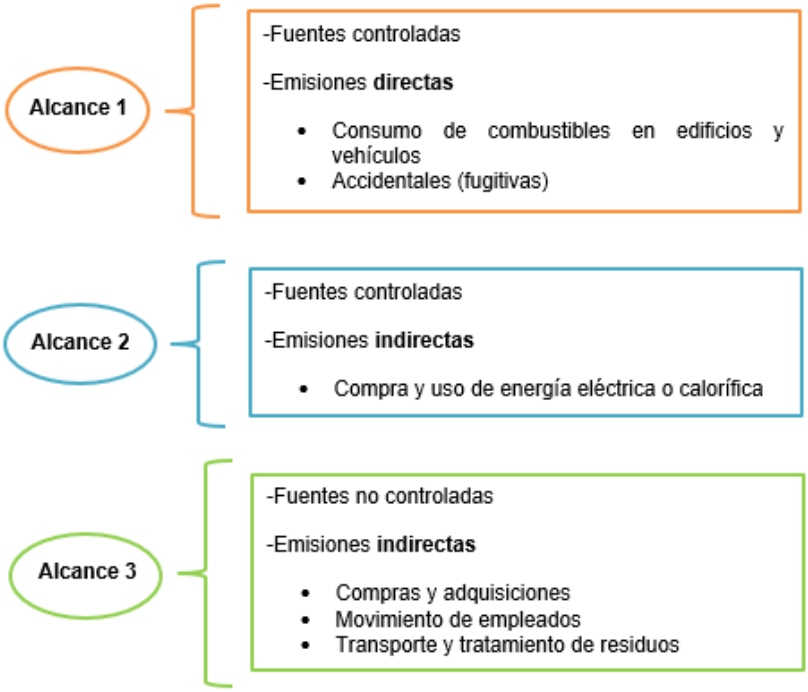

Ilustración 2. Definición de los alcances de las emisiones directas e indirectas desarrollados por el GHG Protocol. Fuente: elaboración propia, en base a la información proporcionada por Carbontrust.com (2019).

En base a todos estos hallazgos de estudios que han aplicado el ACV en el sector sanitario es que se puede concluir que es un sector muy intensivo en el uso de recursos y energía, y muy variado en las posibles fuentes de impacto en el medio ambiente. Es por eso por lo que para la realización de este trabajo se ha elaborado una propuesta de implementación general de la perspectiva de ACV a un hospital, que, en caso de querer adaptarse, deberá realizarse teniendo en cuenta las características y particularidades propias de cada hospital, para así poder determinar de la forma más personalizada y real posible qué aspectos o factores tienen un mayor impacto y dónde hay que poner el foco y los recursos a la hora de gestionar el medioambiente en los centros.

5 METODOLOGÍA

Factores como la competitividad entre hospitales (Moscelli et al., 2018) o la pertenencia a redes hospitalarias con otros centros que pueden apoyar con recursos (Ali et al., 2018) son factores que afectan considerablemente al funcionamiento de los hospitales y a la calidad de servicio que ofrecen. Estos y otros factores como las circunstancias espaciales, económicas y logísticas hacen que cada hospital sea único y diferente de los demás. Esto destaca la relevancia de este estudio, que puede ser considerado como una guía, replicable con datos concretos de un hospital real, sobre las etapas y puntos a los que prestar atención si se quiere aplicar la perspectiva ciclo de vida a sus operaciones.

Para elaborar la propuesta de implantación de la perspectiva ciclo de vida y cumplir con el objetivo principal y los objetivos secundarios planteados por este trabajo fin de máster se han llevado a cabo una serie de operaciones, divididas en 3 grandes etapas. Las operaciones planteadas presentan una serie de consideraciones a tener en cuenta en caso de que se quiera aplicar esta propuesta a un hospital real, y deberán ser adaptadas a sus particularidades para que la implantación sea efectiva.

El esquema de la metodología a desarrollar es el siguiente:

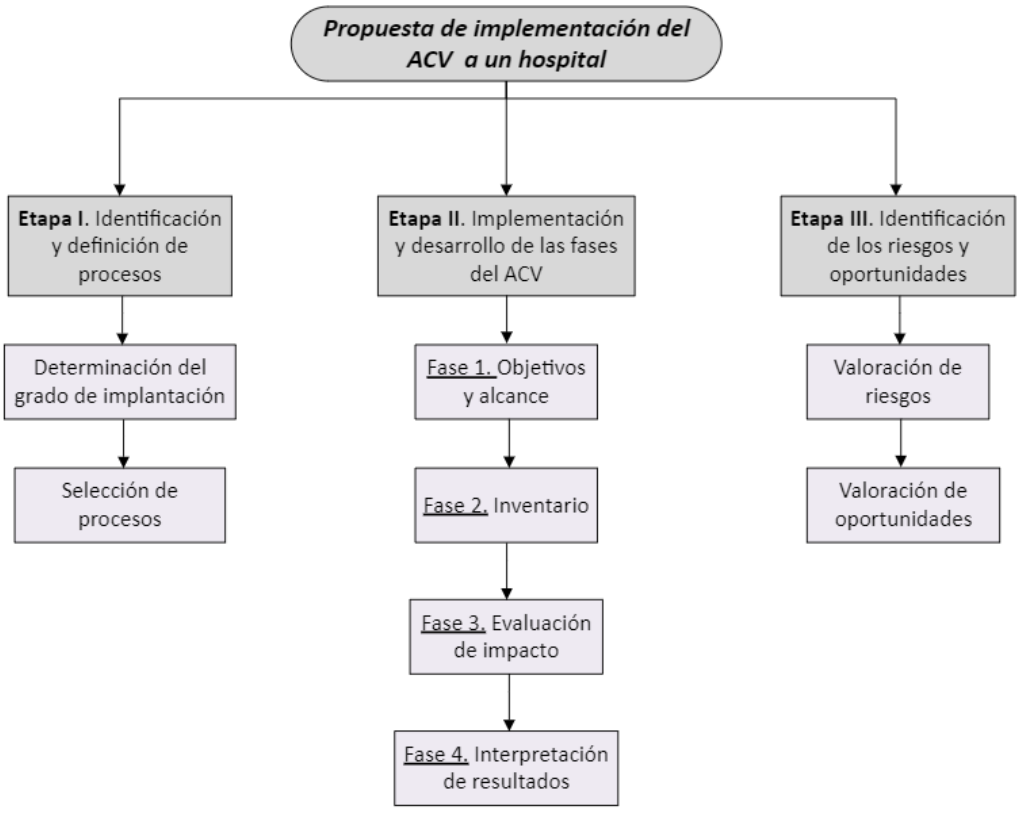

Ilustración 3: Metodología propuesta a seguir para implantar la perspectiva ciclo de vida a un hospital. Fuente: elaboración propia.

A continuación se desarrollan las etapas planteadas:

Etapa I. Para implementar la perspectiva ciclo de vida se ha de conocer de forma profunda una organización, cómo funciona y qué implicaciones tiene en todos los agentes implicados en su actividad; no solo de forma directa pero también de forma indirecta. Para este caso, se ha considerado que una manera efectiva es identificar los procesos que se desarrollan de forma más común en un hospital, así como razonar cuál o cuáles pueden ser los más relevantes a la hora de implantar la perspectiva ciclo de vida. Para la propuesta de implantación de la perspectiva ciclo de vida de este trabajo se ha considerado que el hospital ficticio se encuentra en suelo español y tiene implantado un sistema de gestión de la calidad en base a la norma ISO 9001:2015, basado en la gestión por procesos, la mejora continua (en base al ciclo PDCA/de Deming) y la gestión de riesgos (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2015a). Esto significa que es un hospital ficticio comprometido con la calidad de servicio, y que sigue las normas establecidas por la Organización Internacional de Normalización a este respecto.

La identificación del proceso o procesos más interesantes de cara a la implantación del ACV se ha basado en el estudio llevado a cabo por Wardhani et al., (2009), que analizó la implementación de sistemas de gestión de calidad en hospitales australianos. Este estudio determinó que hay 6 factores principales que afectan a la hora de llevar a cabo dicha implantación: la cultura de la organización, su diseño, la estructura de calidad que presenta, su liderazgo, el apoyo y la competencia técnicos, y la participación y el involucramiento de todos los médicos, trabajadores y personas afectadas por el sistema de gestión (Warhani et al., 2009). La relación entre estos factores puede apreciarse en la siguiente ilustración:

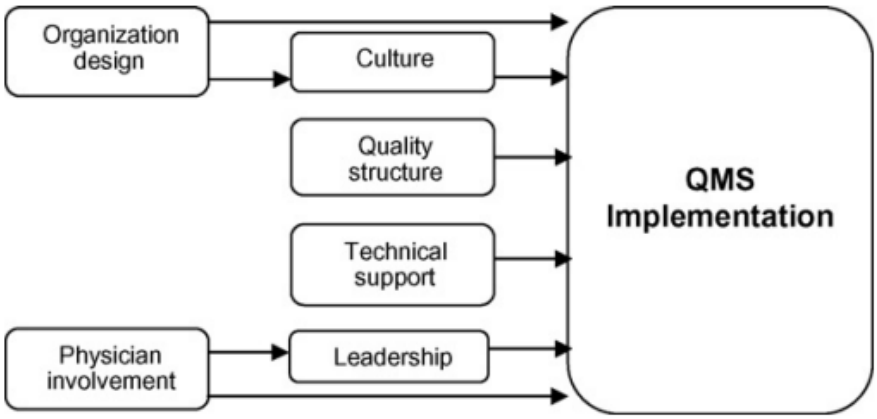

Ilustración 4: factores clave a la hora de implantar un sistema de gestión de la calidad en un hospital. (Fuente: Warhani et al., (2009).

Warhani et al., (2009) entienden el diseño de la organización como la unión de factores físicos (como el tamaño o la burocracia existente) y de factores más abstractos (como la visión estratégica de los dueños de las organizaciones); y lo diferencian de la cultura de la

organización, más relacionada con las creencias o prácticas del conjunto de personas que la integran. Por su parte, consideran liderazgo a los esfuerzos de los dirigentes en integrar la calidad en los procesos de planificación estratégica y en alentar el involucramiento de todos los médicos y trabajadores miembros de la organización. Finalmente, definen el apoyo técnico como la capacidad de la organización de utilizar herramientas de gestión de la calidad, incluyendo formaciones, métodos y sistemas de análisis de información y extracción de resultados (Warhani et al., 2009).

Estos factores se pueden evaluar asignándoles una puntuación y, a su vez, otorgándoles mayor o menor peso. Por ejemplo, Warhani et al. (2009) consideran que el diseño de la organización y el involucramiento de las personas son los que definen la cultura y el liderazgo de la organización, respectivamente, por lo que se si considera adecuado, se les podría dar más peso a dichos factores. Asimismo, estos son los factores más básicos que se han considerado relevantes a la hora de identificar el grado de implantación de un sistema de gestión de la calidad en una organización, pero podrían ser adaptados para representar mejor la implantación en el caso concreto de un hospital. Podrían tener en cuenta sub-factores para cada uno de ellos, como por ejemplo el número de camas o de consultas para el factor de diseño de la organización.

Una vez determinado el grado de implantación, se deberán identificar los procesos del hospital que conforman sus operaciones en materia de calidad. Un hospital en el que la implantación no sea completa presentará procesos más específicos y diferenciados, mientras que aquellos que presenten una implantación total del sistema de gestión de calidad compartirán una serie de procesos, relacionados con la gestión de adquisiciones y de proveedores, la gestión de no conformidades y la auditoría interna, entre otros (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2015b). Sin embargo, aunque ciertos procesos sean más generales y comunes entre hospitales, cada uno de ellos estará adaptado a las características y la gestión de cada centro, por lo que el proceso que en un hospital puede ser considerado el más relevante de cara a la implantación de la perspectiva ciclo de vida no tiene por qué serlo en otro.

Etapa II: una vez determinado el proceso o procesos a los que se va a aplicar el análisis de ciclo de vida, se detallan los pasos a seguir y las consideraciones a tener en cuenta para hacerlo de forma completa. El objetivo, una vez más, es que pueda servir de referencia para hospitales reales que quieran implantarlo a sus circunstancias propias. A continuación se muestra un esquema de las fases a desarrollar para implantar la perspectiva:

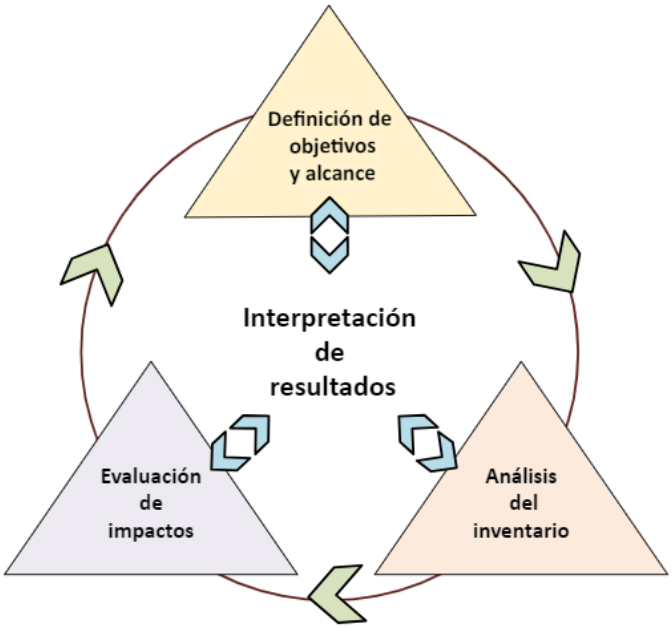

Ilustración 5: Esquema de la interrelación entre fases del análisis de ciclo de vida. Fuente: elaboración propia en base a la figura de Zah et al., (2012).

La anterior ilustración refleja de forma esquemática los pasos a realizar a la hora de llevar a cabo un estudio de ciclo de vida. Pese a que comúnmente se entiende que este tipo de análisis tiene 4 grandes fases, realmente la 4ª es simultánea a todas las demás, como indican Zah et al., (2012), ya que, aunque hay una gran interpretación de resultados al final del estudio, se deben ir extrayendo conclusiones de los datos obtenidos en cada una de las fases.

El ACV comienza con la definición del objeto de estudio y de las condiciones de partida, así como de los objetivos que se quieren alcanzar con su realización, las categorías de impacto ambiental que se quieren cuantificar y el alcance que va a tener el estudio a la hora de desarrollarse. Sigue con la segunda fase, que consiste en la recopilación de todos los datos de materiales, recursos, energías, emisiones… que se han de obtener para llevar a cabo este estudio. Estos datos pueden obtenerse de fuentes primarias, como por ejemplo fichas de producto, facturas, cuestionarios… o fuentes secundarias, como por ejemplo datos promedios cedidos por otras organizaciones del sector (Quist, 2024).

En tercer lugar se cuantifican los impactos en las categorías elegidas en la primera fase, utilizando un software de ciclo de vida como GaBi, OpenLCA, SimaPro… que permita diseñar los flujos de procesos y productos y, utilizando los datos de consumos y potencial de impacto proporcionados por la base de datos elegida, determinar sus impactos en diversas categorías medioambientales, como pueden ser la ecotoxicidad, el potencial de calentamiento global, la acidificación, la eutrofización... Finalmente, como ya se ha comentado, además de la interpretación simultánea de los resultados de las fases, hay una gran interpretación al final del estudio, que permite comparar la situación inicial y los objetivos establecidos con los resultados

obtenidos; e identificar problemas que pueden haber surgido durante el estudio. También se deberá determinar el éxito o no del ACV en función de si ha permitido obtener conclusiones relevantes, y analizar las limitaciones encontradas durante su ejecución para enfocar posibles iteraciones a futuro (Quist, 2024).

Etapa III: Finalmente, en base a los procesos considerados más relevantes y a la propuesta de implementación de las diferentes fases del ACV, así como los antecedentes previamente explicados, se profundizará en los riesgos y las oportunidades que puede presentar la implantación del ACV en el hospital para todos las personas y grupos implicados. La fuente tanto de riesgos como de oportunidades puede ser interna o externa, y pueden categorizarse en función de criterios como la probabilidad de ocurrencia, el impacto en caso de hacerlo, o la cantidad de recursos que serían necesarios para mitigar los riesgos y explotar las oportunidades (Mora, 2016), entre otros.

Oneto (2021) propone varias herramientas y metodologías a la hora de gestionar riesgos y oportunidades, entre las que destaca la matriz de probabilidad e impacto, que ayuda a establecer prioridades y acciones a la hora de mitigar los riesgos/abordar las oportunidades. El funcionamiento de la matriz se basa en la identificación una serie de sucesos o incertidumbres que pueden afectar a un proyecto, y en su valoración. La valoración de dichos sucesos respecto a su probabilidad de ocurrencia (por ejemplo en *baja, media y alta*) y respecto al impacto negativo que tendrían en la organización o proyecto si ocurrieran (por ejemplo en valores del 0 al 5, o en *nulo, muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto*) darían lugar a una matriz similar a la que se muestra a continuación, que permite decidir cuáles serían riesgos y cuáles serían oportunidades, y qué curso de acción es más recomendable seguir.

A continuación se muestra la matriz propuesta por Oneto (2021).

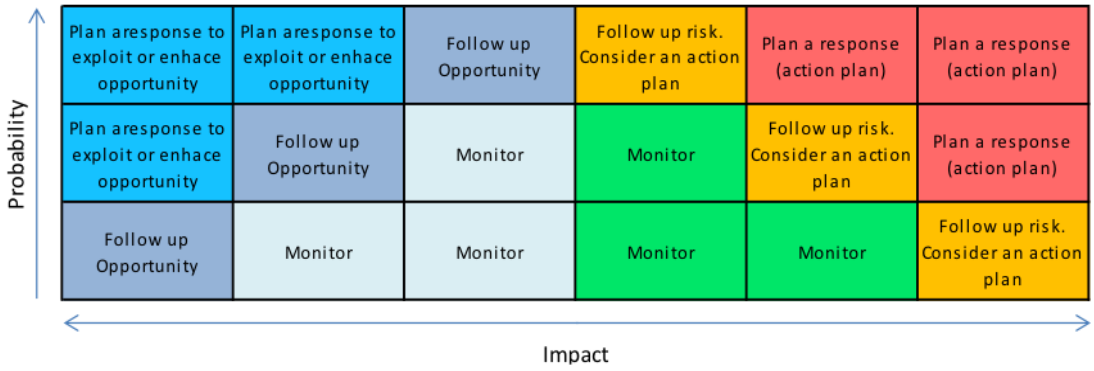

Ilustración 6: Matriz de valoración de sucesos atendiendo a los factores de probabilidad de ocurrencia y de potencial de impacto negativo en un proyecto/organización. Fuente: Oneto (2021).

Esta matriz define que aquellos sucesos con *alta probabilidad de ocurrencia* y *alto impacto negativo* son riesgos que deben abordarse mediante la elaboración de planes de acción y respuesta; mientras que, para aquellos con *probabilidades medias o altas* e *impactos negativos medios o altos,* deben elaborarse planes de seguimiento. Finalmente, los riesgos con *baja o media probabilidad* e *impactos negativos bajos o medios* deberán simplemente monitorizarse.

Por otro lado, la matriz define que aquellos sucesos con *alta probabilidad de ocurrencia* y *bajo o nulo impacto negativo* son oportunidades que deben abordarse mediante la elaboración de planes de explotación o mejora; mientras que, para aquellos con *probabilidades medias o altas* e *impactos negativos algo más elevados,* deben elaborarse planes de seguimiento. Finalmente, las oportunidades con *baja o media probabilidad* e *impactos negativos bajos o medios* deberán simplemente monitorizarse.

La aplicación de esta u otras metodologías similares al estudio de ciclo de vida en un hospital puede ayudar valorar si este tipo de análisis resulta viable a priori, así como identificar riesgos y oportunidades que pueden darse como consecuencia de su realización y la forma de abordarlos.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siguiendo la estructura en etapas definida en el apartado de metodología, se presentan los resultados de este estudio, que conforman la guía de implantación de la perspectiva ciclo de vida a un hospital y los riesgos y oportunidades que supone hacerlo.

Etapa I: atendiendo a los criterios mencionados en el apartado de Metodología, y basados en el estudio de Warhamani et al., (2009), podemos llegar a determinar el grado de implantación de un sistema de gestión de calidad en un hospital. Cabe pensar que en aquellos más pequeños o que se encuentren en zonas rurales será más fácil transformar la cultura y el liderazgo, lo que es clave para este tipo de sistemas. Sin embargo, también es probable que cuenten con menos recursos y una menor calidad de infraestructuras (Çakmak, 2021).

De cara a determinar el grado de implantación, se deben valorar y ponderar los factores mencionados en el apartado de metodología. La ponderación puede ser adaptada en función de lo que se considere más relevante, lo que a su vez influirá en la puntuación final; y puede recogerse de la siguiente manera:

Factor	**Puntuación** (1-5)	**Peso del factor** (%)	**Puntuación total del factor** (puntuación x peso)
Diseño de la organización			
Cultura			
Estructura de calidad			
Apoyo técnico			
Liderazgo			
Involucramiento de las personas			
Puntuación total			

Ilustración 3. Propuesta de ponderación y recogida de datos sobre los factores que afectan a la implantación de un sistema de gestión de la calidad en una organización. Fuente: elaboración propia

A la hora de determinar los procesos más críticos de cara a la implantación de la perspectiva ciclo de vida, hay numerosos procesos relevantes en un hospital a tener en cuenta. Algunos más generales, relativos a la implantación de la ISO 9001:2015, son el control operacional, el seguimiento y medición, el tratamiento de no conformidades… (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2015b), entre otros. Otros procesos más enfocados en el medio ambiente pueden ser los procesos de control de registros o de gestión de residuos (Calero et al., 2009). Sin embargo, de todos ellos, es la gestión de compras y adquisiciones el que dicta el procedimiento a seguir a la hora de adquirir los productos o servicios que se van a

utilizar o llevar a cabo en el hospital, lo que finalmente desemboca en los residuos que se van a generar como consecuencia de las labores cotidianas del mismo. Es también el proceso que permite evaluar diversas alternativas a la hora de adquirir productos que pueden conllevar importantes cargas ambientales y económicas (Ison & Miller, 2000), y tratar de escoger aquellos cuyo "impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida sea el menor" (Muñoz et al., 2003). Es por eso que, de cara a la propuesta de implantación del ACV en un hospital, se haya elegido este proceso como referencia; también por ser un proceso general, fruto de la implantación del sistema de gestión de calidad según la ISO 9001:2015, que aplica al total de los hospitales que lo tienen. Es también especialmente relevante de cara a esta propuesta de implantación, que busca crear una guía lo más universal posible para que cada hospital la pueda adaptar a sus condiciones y características específicas.

A continuación, se muestra lo que se ha planteado podría ser una ficha de proceso creada para el proceso de compras del hospital. Este proceso se considera de soporte, siguiendo y adaptando la estructura propuesta por León et al. (2019) en su publicación titulada "La Ficha de Proceso, soporte del enfoque de procesos y del control de gestión". Las entradas comprenden las especificaciones de productos que se desea adquirir, así como los contactos con proveedores nuevos o ya existentes anteriormente. Por otro lado, las salidas de este proceso son los propios productos, que se incorporan a la actividad del hospital, así como las posibles evaluaciones de proveedores y contratos con estos de cara a futuras adquisiciones.

FICHA DEL PROCESO			
Nombre del proceso: COMPRAS	**Subproceso.** ———	**Tipo de proceso:** SOP	**Código:** PS-01
Responsable o propietario: Director financiero			
Misión: Describir la sistemática del hospital para realizar adquisiciones y evaluar periódicamente a los proveedores de productos y servicios			
Alcance. Este proceso es de aplicación a toda adquisición de productos y/o servicios que se realice en el ámbito del hospital, para que este puede desarrollar sus funciones correctamente y de la mejor manera posible			
Entradas: -Especificaciones de compra -Contacto con proveedores	**Suministradores:** -Responsables de área -Área financiera	**Salidas:** -Contratos -Facturas	**Destinatarios/Clientes:** -Proveedores de producto/servicio -Área financiera del hospital
Grupos de interés asociados al proceso: Internos: Consejo de Administración, Equipo directivo, Personal del hospital		Externos: Proveedores, Pacientes, otros hospitales	
Desperdicios generados por el proceso: ———		**Sustancias tóxicas o peligrosas empleadas en el proceso:** ———	
Riesgos: -Baja transparencia en las adquisiciones -Fraudes/incumplimiento de especificaciones		**Consecuencias de los riesgos:** -Mal uso de recursos -Disminución en la satisfacción/cuidado de los pacientes	
Elaborada por: Director financiero	**Revisada por:** Responsable del SIG	**Modificada por:** ———	
Fecha: 01/01/2024	**Fecha:** 01/01/2024	**Fecha:**	
En caso de modificación colocar un breve resumen de la modificación efectuada: ———			
Fecha de la próxima auditoría interna: 15/06/2025		**Fecha en la que se planifica la próxima mejora del proceso:** 01/01/2025	

Ilustración 4: Ejemplificación de la ficha de proceso de compras del hospital. Fuente: elaboración propia, en base al formato propuesto por León et al, (2019).

A su vez, una propuesta de mapa de flujo con las actividades que conforman dicho proceso puede ser el siguiente, también de elaboración propia y adaptando la propuesta de Gómez (2010) en el blog de Hedera Consultores:

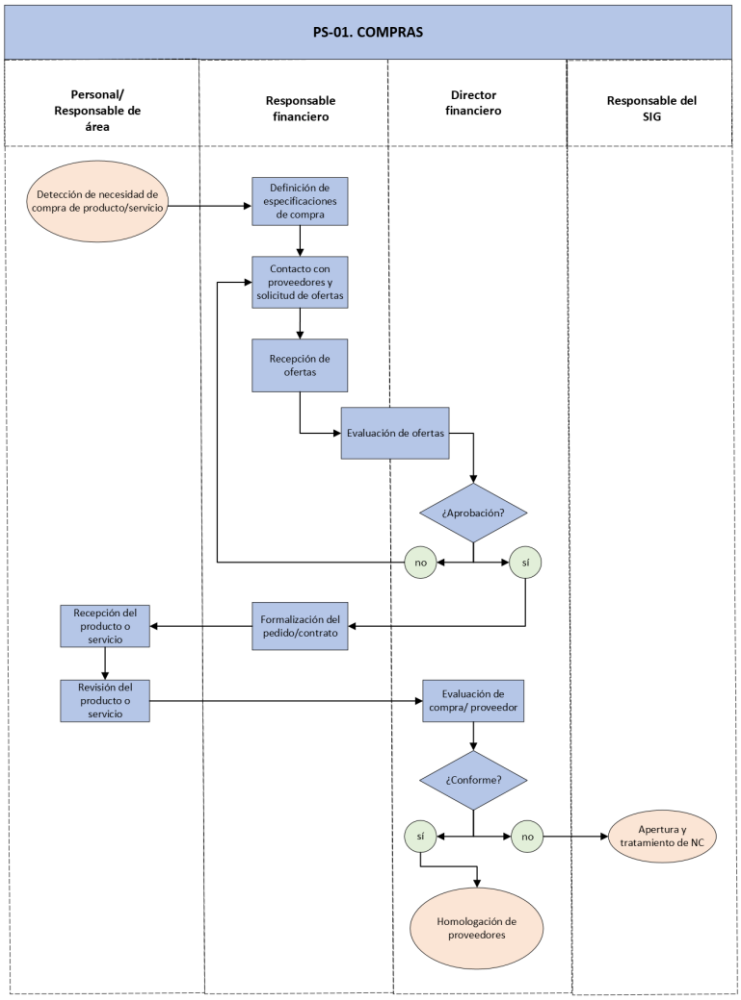

Ilustración 5: Ejemplificación del diagrama de flujo del proceso de compras del hospital. Fuente: elaboración propia; en base al formato propuesto por Gómez (2010).

En este caso se ha establecido que, aquellos proveedores que se considere, tras su evaluación, que han ofrecido un producto o servicio de calidad y se quiere mantener las relaciones laborales con ellos, se pueden homologar de cara a futuras adquisiciones. Aquellas adquisiciones que por el contrario se considere que no cumplen con los estándares de calidad del hospital y sea un caso muy a tener en cuenta, podrán tratarse como No Conformidades de cara a no repetir de nuevo una adquisición con ese proveedor o de ese tipo de producto o servicio.

En caso de que dicho hospital quiera implantar también un Sistema de Gestión Ambiental basado en la ISO 14001:2015, deberá evaluar los aspectos ambientales significativos fruto de su actividad y reflexionar sobre el ciclo de vida de los productos que pasan por el mismo (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2015b), así como aplicar al medio ambiente como motor de decisiones estratégicas en sus procesos y operaciones.

Dentro del proceso de adquisiciones, es especialmente relevante la determinación de las especificaciones del producto requeridas. Como mencionan Muñoz et al. (2003), de cara al medio ambiente es clave definir una serie de especificaciones de servicio/producto teniendo en cuenta su menor impacto en origen, transporte, uso y disposición final, y seleccionar proveedores comprometidos con el medio ambiente.

Etapa II: Una vez elegido el proceso, se deberá profundizar en las fases de ciclo de vida comentadas en el apartado de introducción. Se han propuesto una serie de datos a recopilar y documentos a completar para poder llevar a cabo el ACV correctamente, y se desarrolla cómo implantarlo utilizando como ejemplo los datos relativos a batas quirúrgicas estériles de un solo uso analizados por Quintana et al. (2023) en el hospital Francesc de Borja, Valencia. Este tipo de equipamiento posee numerosas ventajas a nivel sanitario, como “reducir significativamente el riesgo de propagación de patógenos y asegurar un alto nivel de higiene en procedimientos médicos y quirúrgicos” (Solouniformes.es, 2021), pero también varios inconvenientes, al ser un tipo de producto que al adquirirse y desecharse supone un mayor coste e impacto ambiental, especialmente si han sido contaminadas con sangre u otros componentes biológicos (Rutala & Weber, 2021). Además, tras su uso se convierten en residuos textiles, que son de los más numerosos en los hospitales, solo por detrás de los residuos plásticos (Goicoechea et al., 2011).

Las batas estériles son un equipamiento imprescindible en cualquier tipo de centro sanitario a nivel global (Solouniformes.es, 2021), y su estudio proporciona información clave sobre los retos a los que se ha de enfrentar cualquier hospital en materia de gestión de residuos. Se ha decidido utilizarlas como ejemplo debido a que se tiene gran cantidad de información sobre ellas (Quintana et al., 2023), y a que su gestión es extrapolable a otros materiales sanitarios también de uso diario y desechable, como guantes, mascarillas o jeringuillas. El resultado de este análisis es la recomendación de implementación de las 4 fases concretas del análisis ciclo de vida, incluyendo información sobre los procesos a valorar y las herramientas disponibles (software) para ello.

-Fase 1: se ha de determinar el alcance del ACV, los datos que es necesario recopilar para poder realizarlo, la legislación aplicable que ha de tenerse en cuenta, y los agentes implicados (productores, transportistas, gestores de residuos), entre otros. Williams (2009) propone un diagrama de flujo a completar al comienzo de un ACV de la cuna a la tumba, que ha sido utilizado junto a los datos relativos a batas quirúrgicas estériles de un solo uso

analizados por Quintana et al. (2023) en el hospital Francesc de Borja, Valencia, para ejemplificar la realización de esta etapa del ACV:

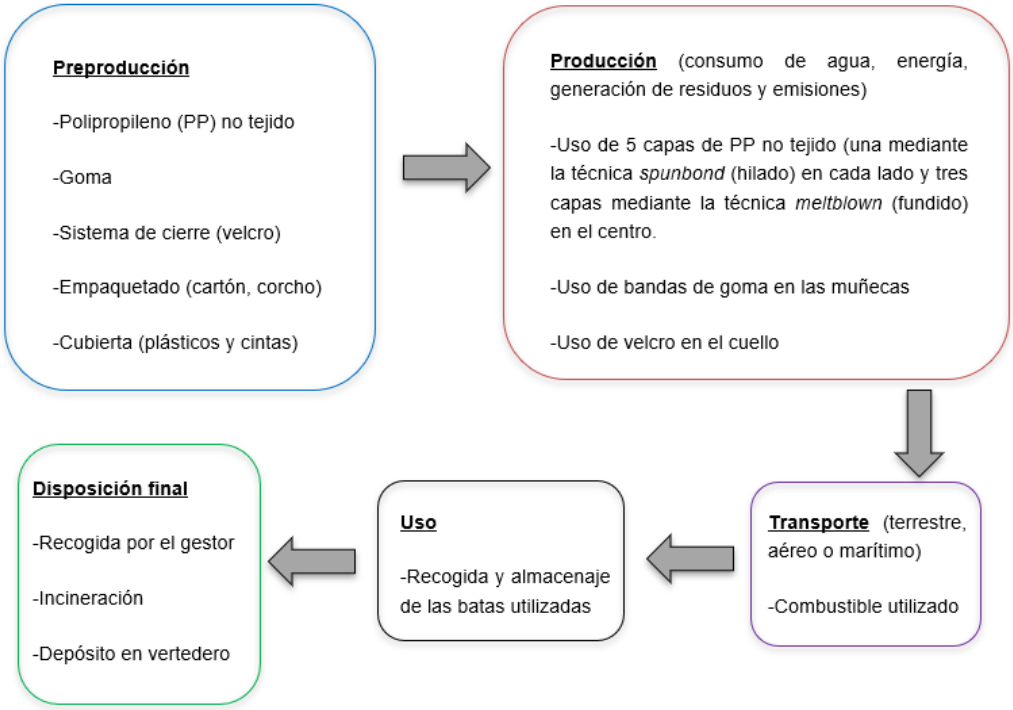

Ilustración 6: Fase 1 del ACV de la adquisición de batas estériles de un solo uso. Fuente: elaboración propia, en base a los datos proporcionados por Quintana et al. (2023)

-Fase 2: para la segunda fase del ACV, se debe conformar el inventario de ciclo de vida del proceso y producto elegidos. Para ello, deberán identificarse las entradas (como energía y materiales), y las salidas (como emisiones atmosféricas o al agua y los residuos sólidos generados) (Williams, 2009), y recopilar los datos mencionados en la etapa anterior. En el caso de las batas estériles de un solo uso, es necesario conocer los distintos materiales que se encuentran en cada una de ellas, el número de unidades, el peso total por unidad, los procesos físicos o químicos que se llevan a cabo para producirlas y el consumo de agua o electricidad que estos suponen (Quintana et al., 2023). También es necesario conocer el país de origen de cada uno de los componentes y del producto final para calcular la distancia que se debe cubrir en el transporte hasta el hospital en España, donde se va a utilizar el producto, así como la modalidad de transporte (marítimo, aéreo o terrestre), y el combustible utilizado.

-Fase 3: para la tercera fase del ACV, se deben cuantificar los impactos ambientales del producto o servicio elegidos. Para llevar a cabo dicha cuantificación, son necesarios tanto bases de datos como softwares que se pueden utilizar para tratar, relacionar e integrar datos de medio

ambiente, económicos y, en este caso, sanitarios (Smith et al., 2022). Una de las bases de datos más comunes y completas a la hora de llevar a cabo un ACV es *Ecoinvent V3.8*, (Quintana et al., 2023); una base de datos internacional e interconectada que cubre varias áreas industriales y favorece el uso de datos individuales para realizar una "aproximación metodológica plural" al análisis de ciclo de vida (Frischknecht et al., 2005), por lo que sería idónea para utilizar en este tipo de análisis. Por su parte, para el sector sanitario en concreto, se podría utilizar *HealthcareLCA*, una base de datos ambientales en el sector sanitario interactiva y de libre acceso, que funciona como un "repositorio vivo de evaluaciones de impacto ambiental en el ámbito de la atención sanitaria" (Drew et al., 2022).

Respecto a los softwares que relacionan los datos y permiten interpretarlos para sacar conclusiones, hay varios que tienen integrada la base de datos *Ecoinvent*, para agilizar su uso y cubrir varias áreas industriales (Pieragostini et al., 2012) en este tipo de análisis. Algunos de ellos son *SimaPro*, *Umberto*, *Team* y *GaBi*, entre otros. Estos softwares están basados en la metodología de ciclo de vida propuesta por la ISO 14040, y se basan en bases de datos generales (Pieragostini et al., 2012). Sin embargo, presentan el inconveniente de que no son de acceso libre, lo que puede limitar el uso por parte de aquellas entidades que no puedan destinar tantos recursos a este tipo de análisis. Es por eso que, de cara a paliar estas limitaciones, se podría emplear el software *OpenLCA*. Las principales ventajas de este software es que es de acceso libre y de código abierto, lo que lo consolida como una buena alternativa a la hora de reducir los costes en los que se incurre al llevar a cabo un ACV (Silva et al., 2017), y que puede ser usado por cualquier persona o entidad, lo que se traduce en una mayor libertad y transparencia de cara a los usuarios (Ciroth et al., 2008).

Con la ayuda de dicho software y de una base de datos como las ya mencionadas se deben definir los flujos que dan a lugar al producto, esto es, los flujos de materiales y actividades que dan lugar a cada una de sus partes o componentes, así como su unión, que dará lugar a la fabricación del producto final, a su transporte y finalmente a su disposición final. La creación de esta serie de flujos en un software como *OpenLCA* ofrece como resultado varios indicadores del impacto ambiental que tiene el producto, como son el impacto potencial en el cambio climático, las emisiones de ciertos gases, la capacidad de ecotoxicidad en masas de aguas o ecosistemas en general, entre otros (OpenLCA Manual, 2024). Estos indicadores pueden representarse gráficamente, y permiten determinar el impacto ambiental del producto y cuál de sus fases o etapas de su ciclo de vida es la que tiene mayor peso en el impacto total.

A continuación se puede observar una tabla, extraída del análisis de Quintana et al. (2023), con la cuantificación del impacto de las batas quirúrgicas estériles de un solo uso en varios indicadores ambientales que consideraron relevantes para su estudio. Cada indicador arroja datos de impacto con sus propias unidades, lo que permite compararlos cuantitativamente con los resultados de otros productos analizados con métodos similares:

Impact Category	Unit	Sterile Surgical Gown XXL
Climate change	kg CO_2 eq	0.3553 $\pm 3.25 \times 10^{-4}$
Ozone depletion	kg CFC11 eq	1.81×10^{-8} $\pm 8.44 \times 10^{-19}$
Ionizing radiation	kBq U-235 eq	6.77×10^{-3} $\pm 1.18 \times 10^{-7}$
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1.47×10^{-3} $\pm 5.57 \times 10^{-9}$
Particulate matter	disease inc.	1.50×10^{-8} $\pm 5.80 \times 10^{-19}$
Human toxicity, non-cancer	CTUh	3.32×10^{-9} $\pm 2.84 \times 10^{-20}$
Human toxicity, cancer	CTUh	1.34×10^{-10} $\pm 4.63 \times 10^{-23}$

Ilustración 11: Cuantificación del impacto ambiental de las batas quirúrgicas de un solo uso para varios indicadores ambientales. Fuente: Quintana et al. (2023)

-Fase 4: finalmente, para la cuarta fase del ACV, una vez se hayan obtenido los datos de impacto ambiental en varias categorías y de las distintas etapas de creación de un producto, se deben analizar y extraer conclusiones. Una forma es comparando unos productos con otros, para poder determinar cuál tiene más impacto o en qué fase concreta este es mayor. Por ejemplo, en su estudio, Quintana et al. (2023) comparan el impacto medido en forma de huella de carbono de varios tipos distintos de batas quirúrgicas, concluyendo que aquellas que se encuentran reforzadas con poliéster y polietileno tienen una mayor huella de carbono que los demás tipos, lo que permite tomar decisiones de cara a su futura utilización o priorización de unas sobre otras basándose en criterios ambientales.

Para la comparación de resultados y la extracción de conclusiones, Williams (2009) propone la siguiente forma de representación de los resultados de uno de los parámetros, en este caso “consumo de energía”:

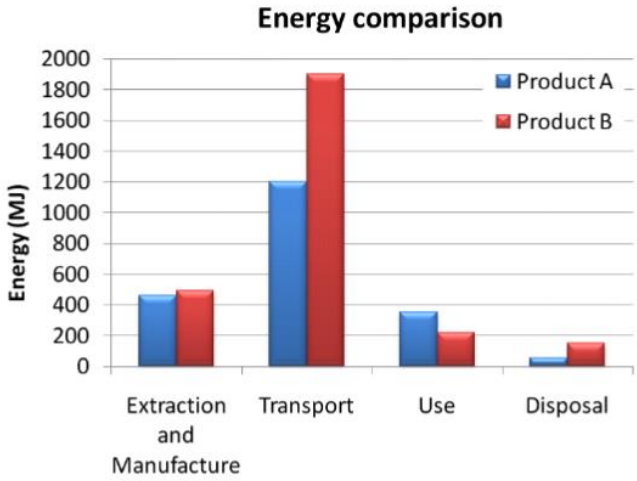

Ilustración 12: Propuesta de representación de una categoría de impacto. Fuente: Williams, (2009).

Dicha comparación permite extraer conclusiones sobre qué producto resulta más o menos sostenible en base a determinados criterios ambientales, y en qué fase de su ciclo de vida se debe poner el foco para minimizar los impactos y hacerlo más sostenible.

Etapa III. Una vez llevadas a cabo las dos etapas anteriores, podemos determinar que la implantación de la perspectiva ciclo de vida en un hospital presenta numerosas oportunidades, como se ha explicado anteriormente, sobre todo de cara a identificar las alternativas más sostenibles y mejorar el rendimiento ambiental del mismo y la percepción que tienen los clientes sobre el compromiso de sus dirigentes con el medio ambiente (Vicente et al., 2016). Asimismo, este tipo de análisis, que permite centrar recursos y esfuerzos en la mitigación del cambio climático, presenta beneficios a nivel social, reputacional y financiero, al reducir costes relacionados con el consumo de energía y la gestión de residuos (Singh et al., 2023). Sin embargo, la implantación de esta perspectiva no está exenta de riesgos. Como se ha podido observar a lo largo del desarrollo de este trabajo, la aplicación de este tipo de análisis es un proceso costoso, que necesita una gran cantidad de recursos y datos que han de ser recopilados e interpretados. Al depender del conocimiento adquirido en estudios relacionados, es un tipo de análisis que sufre problemas de falta de desarrollo, ya que su tecnología se encuentra en un estado temprano de desarrollo (Hellweg & Milà, 2014). Además, el uso masivo de datos puede acarrear su simplificación, y el acceso a los datos en la mayoría de casos no es libre, debido al elevado coste que supone mantener bases de datos tan grandes. Esto perjudica a la reproducibilidad y fiabilidad que deberían tener idealmente este tipo de estudios (Hellweg & Milà, 2014), e irremediablemente dificulta la realización de este tipo de análisis por parte de organizaciones o investigadores con menos recursos.

Siguiendo lo explicado en el apartado de metodología, podría aplicarse la matriz de gestión de riesgos y oportunidades propuesta por Oneto (2021) para valorar estos sucesos identificados en base a criterios como pueden ser la probabilidad de ocurrencia y el nivel de

impacto en la organización. Esto permitiría determinar en última instancia la viabilidad de la implantación de la perspectiva de ciclo de vida en el hospital, y qué acciones habría que desarrollar y con qué prioridad. A continuación se muestra de nuevo la matriz la ilustración 5 del apartado de Metodología:

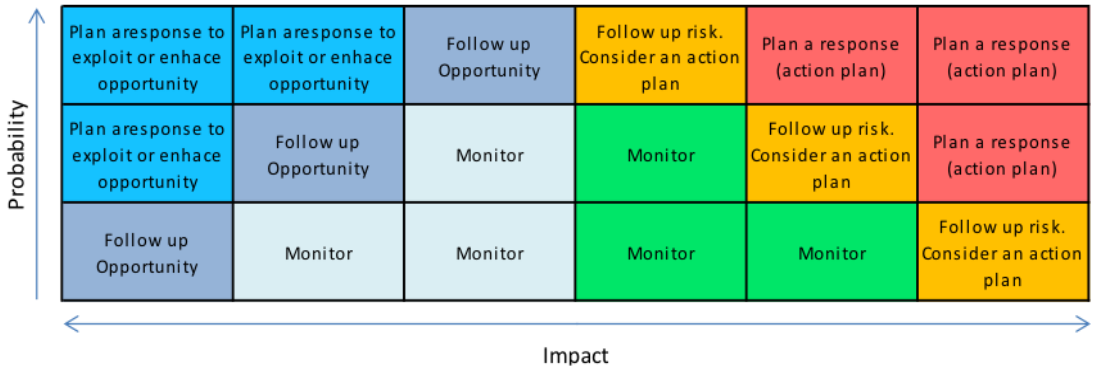

Ilustración 7: Matriz de valoración de sucesos atendiendo a los factores de probabilidad de ocurrencia y de potencial de impacto negativo en un proyecto/organización. Fuente: Oneto (2021).

Por ejemplo, si al proponer la implantación del ACV la organización determina que la probabilidad de que no se pueda acceder a datos de otros estudios es muy elevada y el impacto negativo que generaría esto en el proyecto es muy alto, este sería un riesgo especialmente relevante a la hora de implantar el ACV. Esto significa que tendría que tratarse de forma específica para paliarlo, mediante acciones como poner en común metodologías y herramientas con otros centros sanitarios que ya hayan realizado este tipo de estudios con anterioridad, o establecer relaciones y acuerdos con instituciones académicas, a las que solicitar acceso a repositorios de datos y proyectos. Por otro lado, si se considera que la realización del ACV va a contribuir a mejorar la imagen pública del hospital y a que la sociedad pase a considerarlo una organización más sostenible y comprometida con el medio ambiente, esta será una oportunidad a explotar. Si se considera que tiene una probabilidad de ocurrencia media o alta y un impacto negativo nulo, se considerará una oportunidad especialmente relevante, que debe ser aprovechada mediante acciones específicas, como anunciar públicamente que se ha llevado a cabo este estudio, y contactar con instituciones que puedan supervisar y certificar el compromiso que tiene este con el medio ambiente y la sociedad.

La valoración de los riesgos y oportunidades identificados finalmente permitirá concluir si la implantación de la perspectiva de ciclo de vida en el hospital presenta más ventajas que inconvenientes, dando luz verde a su realización o no y permitiendo priorizar las acciones a desarrollar. En el caso de que se considere que la implantación tiene demasiados riesgos o que estos tienen un gran impacto potencial en la organización, se tendría que reevaluar el enfoque o buscar alternativas que ayuden a paliar el efecto de dichos riesgos.

7 CONCLUSIONES

La perspectiva ciclo de vida es un tipo de análisis muy interesante a la hora de identificar y cuantificar los impactos ambientales de los productos/servicios que se emplean en una organización, y en los últimos años se ha consolidado como una herramienta muy completa que se puede aplicar a numerosos sectores, entre ellos el sector sanitario. Sin embargo, su aplicación presenta una serie de complejidades, consideraciones, riesgos y oportunidades, que se deben valorar cuidadosamente antes de decidir llevarla a cabo. A lo largo de este trabajo fin de máster se ha construido una propuesta de implantación de esta perspectiva a un hospital ficticio en suelo español; siguiendo una serie de métodos y utilizando una serie de herramientas.

El resultado es una serie de recomendaciones, separadas en varias etapas:

-Etapa I: por un lado, se ha definido que es necesario determinar el grado de implantación del sistema de gestión de la calidad en la organización, para así comprobar que se está llevando a cabo una gestión por procesos. De este modo, se deberá hacer un análisis exhaustivo de dichos procesos y procedimientos que se llevan a cabo en el hospital, y determinar aquellos que son más relevantes por los impactos ambientales potenciales que pueden llegar a generar. Para este trabajo se ha decidido utilizar el proceso de adquisiciones del hospital, ya que es el que define los requisitos (ambientales, entre otros) que deben tener los productos que se van a utilizar en la actividad diaria del hospital.

-**Etapa II**: por otro lado, se ha propuesto la realización del análisis de ciclo de vida, identificando y aplicando las 4 fases que lo conforman:

- Fase 1: determinar el alcance del análisis y los datos que es necesario recopilar para llevarlo a cabo. Para este trabajo se ha realizado la propuesta en base a un enfoque de la cuna a la tumba aplicado la preproducción, producción, transporte, uso y disposición final de batas quirúrgicas estériles de un solo uso, con datos extraídos del estudio de Quintana et al. (2023).
- Fase 2: conformar el inventario de ciclo de vida para el proceso y producto elegidos. La propuesta de este trabajo se ha realizado en base a la recopilación de datos como el número de unidades de batas quirúrgicas, el peso total por unidad, los procesos físicos y químicos que se les aplican y los consumos de agua y electricidad que se necesitan para producirlas, así como el transporte desde el punto de origen hasta el punto de utilización (Quintana et al., 2023).
- Fase 3: cuantificar los impactos ambientales del producto o servicio elegidos. Se han propuesto bases de datos como *Ecoinvent* o *HealthcareLCA* y softwares como *GaBi* u *OpenLCA*, que permiten obtener datos del impacto de las batas quirúrgicas en base a varios indicadores ambientales relacionados con el cambio climático, la eliminación de ozono atmosférico, la radiación ionizante (Quintana et al., 2023), entre otros.
- Fase 4: análisis de datos y extracción de conclusiones. Se ha propuesto una metodología que permite comparar los impactos ambientales de las distintas etapas de

los productos o componentes de los mismos, y se ha utilizado de referencia el estudio de Quintana et al., 2023 para interpretar los datos obtenidos y determinar que las batas quirúrgicas reforzadas tienen una mayor huella de carbono que otras alternativas.

-Etapa III: finalmente, se han determinado una serie de riesgos y oportunidades derivados de la implantación de este tipo de perspectiva en un hospital ficticio español. Mientras que este tipo de análisis permite identificar alternativas sostenibles y tiene beneficios a nivel social, reputacional y económico, también es un tipo de análisis costoso a nivel de recursos a destinar y datos a utilizar, los cuales son, además, difícilmente accesibles por entidades e investigadores de menos recursos. También se ha planteado un método de valorización de los riesgos y oportunidades en forma de matriz, lo que permite determinar la prioridad y las acciones a desarrollar de cara a mitigar los riesgos y explotar las oportunidades identificadas.

En definitiva, el desarrollo de este trabajo fin de máster ha permitido concluir que los hospitales son organizaciones especialmente interesantes a la hora de implantar la perspectiva ciclo de vida, al tener un gran impacto tanto directa como indirectamente en el medio ambiente y en la salud de las personas. La propuesta de implantación del ACV aquí desarrollada ha tratado de ser lo más general posible, de cara a facilitar su entendimiento y aplicación al mayor número de hospitales posible; pero cabe esperar que cada centro, en función de variables como el tamaño, la ubicación o los recursos disponibles, tenga unas características específicas que hagan que la metodología desarrollada deba adaptarse en mayor o menor medida.

Por ejemplo, algunos estudios han concluido que aquellos hospitales que se encuentran en núcleos urbanos cuentan con más recursos, pero al mismo tiempo asumen también más costes, derivados de una mayor cantidad de intervenciones quirúrgicas a realizar y de residuos a gestionar, entre otros (Çakmak, 2021). Algunas medidas comentadas que pueden ayudar a paliar la falta de recursos que puede presentar un hospital a la hora de desarrollar este tipo de análisis son la utilización de softwares de uso libre o la colaboración con otras entidades e instituciones académicas que permitan acceder a repositorios de datos ambientales de otros estudios. Además, el estudio de cómo esta herramienta está siendo cada vez más utilizada en varios sectores, entre ellos el sanitario, ha permitido concluir también que la implantación de esta perspectiva, unida a la de sistemas de gestión, es un beneficio en sí mismo, al permitir identificar qué procesos o procedimientos son susceptibles de mejorar y hacer más eficientes y sostenibles. La mejora no es solo a nivel operativo y económico, sino que además la diferenciación de un hospital que ha implantado esta perspectiva con otro que no lo haya hecho es también clave de cara a la imagen pública y a la opinión que pueden tener las personas del hospital, ya que cada vez se valora más que las organizaciones se centren en la calidad del trato y en el compromiso con el medio ambiente.

8 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

De cara al futuro, este trabajo es un primer paso al que podría seguir el uso de datos cuantitativos reales de un hospital. Este estudio ha considerado el proceso de compras del hospital, y se ha centrado en uno de los mayores contaminantes de uso diario de un centro hospitalario, las batas quirúrgicas desechables. El uso de datos reales para su aplicación permitiría determinar el impacto ambiental de estos materiales, así como evaluar si es mayor o menor que el de alternativas como las batas reutilizables; las cuales, pese a que en la mayoría de indicadores de impacto ambiental tienen mucho menos peso que las de un solo uso, también requieren mucha energía y generan mayor impacto en la fase de uso y de lavado (Burguburu et al., 2022), concretamente de uniformes y vestidos médicos (Wagner et al., 2023).

La guía aquí desarrollada no es sólo aplicable al proceso de compras o a los materiales textiles de un solo uso, sino también a otro tipo de productos que generen residuos de diversos tipos y tengan diferentes necesidades de gestión y tratamiento. La implantación en el hospital de un sistema de gestión ambiental basado en la ISO 14001:2015 o estándares similares, y la realización de más análisis de este tipo en profundidad permitirían, no solo identificar más fácilmente los aspectos ambientales más significativos y los procesos más susceptibles a nivel ambiental de ser redefinidos en base a criterios ambientales; sino también el impacto ambiental que tienen los productos que se adquieren para el hospital de forma más precisa, lo que puede llevar a que se prioricen aquellos que tengan un menor impacto.

Un ejemplo interesante para favorecer las compras sostenibles es ponderar positivamente aquellas ofertas de productos que contengan una menor cantidad de envases y prioricen el uso del cartón por encima del plástico (Cozzarin et al., 2021). Esta medida, junto con otras como pueden ser una prescripción de medicamentos más selectiva o el fomento de la telemedicina, pueden resultar en una reducción de los residuos generados (Tomson, 2015).

La realización de actividades de formación y concienciación de los trabajadores del hospital permite también que estos entiendan la responsabilidad que tienen con el medio ambiente y el impacto que generan sus actividades, lo que puede llevar al hospital a ser una entidad social y ambientalmente más responsable (Vintimilla 2021). Otras medidas que se ha demostrado que tienen gran relevancia a la hora de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero son una menor prescripción de medicamentos y un uso de dietas vegetales en pacientes (Sergeant et al., 2022), así como convertir a los hospitales en “edificios inteligentes” que consuman menos energía y obtengan esta de fuentes renovables (Prada et al., 2020). Todas estas medidas son muy relevantes y podría considerarse adaptarlas a las características específicas del hospital foco del estudio.

Como se ha mencionado también en el apartado de antecedentes, es clave destinar esfuerzos y recursos a que un hospital cuente con un sistema integrado de gestión de residuos, que son parte fundamental del impacto que tienen en el medio ambiente. Estudios como el de Ali et al., (2016), llevado a cabo en un hospital de Pakistán, determinan que la mejor alternativa

de gestión de residuos en relación a las emisiones generadas es la combinación de operaciones de compostaje, incineración y reciclado de materiales; muy por encima de alternativas como el vertido o la incineración por sí sola (Ali et al., 2016). Esto se corresponde también con las conclusiones alcanzas por Nematollahi et al., (2024) en base a los datos de varios hospitales públicos y privados de la ciudad de Isfahan, en Irán, que demostraron que los procesos de compostaje y reducción de materiales son los que contribuyen en mayor medida a la reducción de emisiones derivadas de residuos no infecciosos; junto con la desinfección química en el caso de residuos infecciosos (Nematollahi et al., 2024).

Dado que la gestión y el tratamiento de residuos pueden llevarse a cabo de diferentes formas, cada una con sus ventajas e inconvenientes, Ali et al., (2016) proponen en su estudio una serie de escenarios de tratamiento de residuos, cada uno con entradas, operaciones y salidas. La identificación de dichos escenarios y su esquematización puede resultar especialmente para valorar qué método de tratamiento es más recomendable seguir y cuáles son las entradas y salidas que se deben gestionar. A continuación se muestra la esquematización de escenarios presentada por Ali et al., (2016), con tres escenarios principales: un escenario A, en el que se separan los residuos por su naturaleza y los de carácter general se llevan a vertedero, mientras que los sanitarios se incineran primero antes de llevarlos también a vertedero; un escenario B, donde no hay segregación y se destinan todos a incineración y vertedero; y un escenario C, similar al escenario A pero donde se lleva a cabo recogida de materiales y compostaje de residuos generales, antes de llevarlos a vertedero junto a los sanitarios tras su incineración:

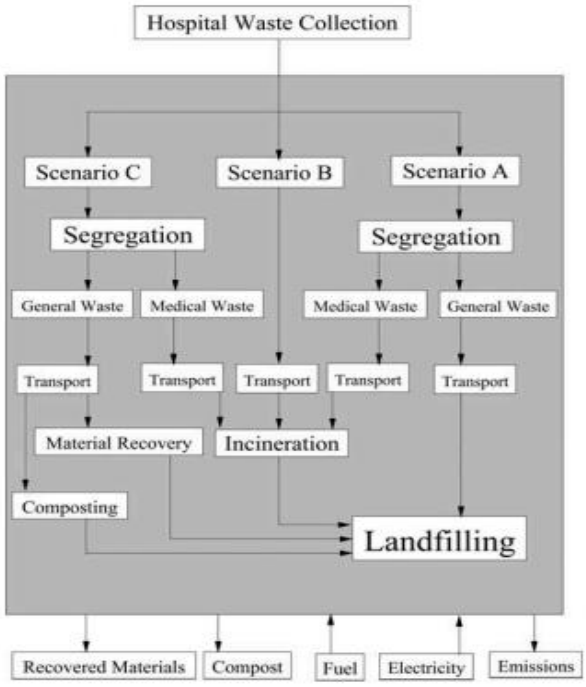

Ilustración 8. Propuesta de metodología para identificar y establecer los límites del sistema de gestión de residuos en un hospital. Fuente: Ali et al., (2016).

Finalmente, la principal limitación a la hora de desarrollar este trabajo de fin de máster ha sido la imposibilidad de acceder a bases de datos universales que contengan información relevante de carácter ambiental para llevar a cabo este tipo de análisis al completo, por lo que una gran oportunidad podría ser hacer un mayor esfuerzo comunitario en crear repositorios de acceso libre de datos ambientales de estudios, que permitieran tener una noción de los recursos que son necesarios para desarrollar este tipo de estudios. Para ello es clave fomentar la colaboración entre entidades públicas y privadas del sector, que pueden destinar sus recursos de forma complementaria y facilitar el intercambio de conocimientos y buenas prácticas entre entidades hospitalarias (Nematollahi et al., 2024).

La existencia de las bases de datos mencionadas es extremadamente útil, pero muchas requieren de acreditaciones o permisos obtenidos por parte de instituciones gubernamentales o superiores de enseñanza, lo que dificulta un acceso libre real por parte de los usuarios e investigadores con menos recursos que quieran llevar a cabo este tipo de estudios. Un esfuerzo internacional en una mayor transparencia e información compartida, así como la implicación de un mayor número de instituciones y entidades a nivel internacional que colaboren y centren sus esfuerzos en el avance de las herramientas y metodologías de ciclo de vida (Nematollahi et al., 2024) incrementaría la aplicabilidad de estudios como éste, no solo a nivel teórico pero también a nivel práctico, cuantificable y reproducible.

9 BIBLIOGRAFÍA

Aboal-Viñas, J. L., Lado-Lema, M. E., Amigo-Quintana, M., Hervada-Vidal, X., Gómez-Amorín, Á., & Fernández-Abreu, C. (2008). Mapa de procesos en organizaciones de salud pública: la experiencia de la Dirección Xeral de Saúde Pública de Galicia. *Gaceta sanitaria, 22,* 275-279.

Ali, M., Wang, W., & Chaudhry, N. (2016). Application of life cycle assessment for hospital solid waste management: A case study. *Journal of the Air & Waste Management Association, 66* (10), 1012-1018.

Ali, M., Salehnejad, R., & Mansur, M. (2018). Hospital heterogeneity: what drives the quality of health care. *The European Journal of Health Economics*, *19*, 385-408.

Ardiansyah, M., & Alnoor, A. (2024). Integrating corporate social responsibility into business strategy: creating sustainable value. *Involvement International Journal of Business*, *1*(1), 29-42.

Assembly, G. (2015). Sustainable development goals. *SDGs transform our world*, vol 2030 (nº 10.1186).

Bjørn, A., Owsianiak, M., Molin, C., & Hauschild, M. Z. (2018). LCA history. *Life cycle assessment: theory and practice*, 17-30.

Burguburu, A., Tanné, C., Bosc, K., Laplaud, J., Roth, M., & Czyrnek-Delêtre, M. (2022). Comparative life cycle assessment of reusable and disposable scrub suits used in hospital operating rooms. *Cleaner Environmental Systems, 4*, 100068. doi:10.1016/j.cesys.2021.100068

Calero, M., Gómez, A., & Carnero, M. C. (2009). Desarrollo procedimental del Área Medioambiental en un Hospital de nueva creación. In *XIII Congreso de Ingeniería de Organización* (pp. 215-224).

Camarán, M. L., Méndez, L. A. B., & Rueda, M. P. (2019). La Responsabilidad social empresarial y los objetivos del desarrollo sostenible (ODS). *Revista Científica Teorías, Enfoques y Aplicaciones en las Ciencias Sociales*, *11*(24), 41-52.

Carbontrust.com (2019). What are Scope 3 emissions and why do they matter? Disponible en: https://www.carbontrust.com/en-eu/our-work-and-impact/guides-reports-and-tools/what-are-scope-3-emissions-and-why-do-they-matter

Cardim-de Carvalho FA. Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento: aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento. [Tesis doctoral]. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña; 2001.

Carillo, N., García, R., Navarro, P., Plaza, G., & Segarra, M. de la L. (2016). Aproximación a la Responsabilidad Social Sociosanitaria en la Comunidad de Madrid. (Trabajo de Fin de Master no publicado). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Chamorro, J. J. S., Basurto, J. S. V., & Cantos, J. P. B. (2022). Crecimiento económico y medio ambiente. *RECIAMUC, 6*(1), 203-212.

Chotchoungchatchai, S., Marshall, A. I., Witthayapipopsakul, W., Panichkriangkrai, W., Patcharanarumol, W., & Tangcharoensathien, V. (2020). Primary health care and sustainable development goals. *Bulletin of the World Health Organization*, *98*(11), 792.

Ciroth, A., Srocka, M., Hildenbrand, J., Moeller, A., Page, B., & Schreiber, M. (2008). openLCA-Implications of an Emerging Open Source Software for Sustainability Assessment. In *EnviroInfo* (pp. 435-439).

Conde, E. Y., Hernández, L. G., & Porras, O. J. (2005). Análisis de la gestión de los residuos sanitarios de titularidad privada en el municipio de Alcobendas. *Tecnología y desarrollo, 3*, 20.

Cozzarin, M. M., González, J. P., & Madero, M. M. (2021). Envases secundarios de las especialidades medicinales inyectables como criterio de compras sustentables*. Revista de la AAFH, 8(*1), 5-10.

Çakmak Barsbay, M. (2021). A data-driven approach to improving hospital waste management. *International Journal of Healthcare Management*, *14* (4), 1410-1421.

Drew, J., Christie, S. D., Rainham, D., & Rizan, C. (2022). HealthcareLCA: an open-access living database of health-care environmental impact assessments. *The Lancet Planetary Health, 6*(12), e1000-e1012.

Freeman, R. E. (2010). Managing for stakeholders: Trade-offs or value creation. *Journal of business ethics*, *96* (Suppl 1), 7-9.

Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H. J., Doka, G., Dones, R., Heck, T., ... & Spielmann, M. (2005). The ecoinvent database: overview and methodological framework (7 pp). *The international journal of life cycle assessment*, *10*, 3-9.

Galbreath, J., & Shum, P. (2012). Do customer satisfaction and reputation mediate the CSR–FP link? Evidence from Australia. *Australian Journal of Management*, *37*(2), 211-229. https://doi.org/10.1177/0312896211432941

Goicoechea Larracoechea, N., Gómez Delgado, R., & Larracoechea Madariaga, M. I. (2011). TRATAMIENTO DE RESIDUOS SANITARIOS. Disponible en: https://www.aeipro.com/files/congresos/2005malaga/ciip05_2165_2176.131.pdf. Consultado el 10/08/2024.

Gómez, Ignacio. Compras en ISO 9001:2015. Gestión de la Calidad (2010). Hedera consultores. Disponible en: https://hederaconsultores.blogspot.com/2010/05/compras-segun-iso-90012008.html.

Hellweg, S., & Milà i Canals, L. (2014). Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment. *Science, 344(*6188), 1109-1113.

Holmner, Å., Rocklöv, J., Ng, N., & Nilsson, M. (2012). Climate change and eHealth: a promising strategy for health sector mitigation and adaptation. *Global Health Action, 5*(1), 18428.

Ison, E., & Miller, A. (2000). The use of LCA to introduce life-cycle thinking into decision-making for the purchase of medical devices in the NHS. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management, 2*(04), 453-476.

Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K. Health Care's Climate Footprint: How the Health Sector Contributes to the Global Climate Crisis and Opportunities for Action. 2019. p. 2020

Lau, I., Burdorf, A., Hesseling, S., Wijk, L., Tauber, M., & Hunfeld, N. (2024). The carbon footprint of a Dutch academic hospital—using a hybrid assessment method to identify driving activities and departments. *Frontiers in Public Health*, *12*, 1380400.

León, C. A. M., Rivera, C. D. N., Rodríguez, C. R. C., & por el Conocimiento, C. D. G. (2019). Título: La Ficha de Proceso, soporte del enfoque de procesos y del control de gestión. Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas.

Malik, R. S. H., Azis, M. M., & Sopha, B. M. (2023). Life Cycle Assessment of Medical Solid Waste Management. *Journal of Industrial Engineering and Education, 1*(2), 83-96.

McAlister, S., Grant, T., & McGain, F. (2021). An LCA of hospital pathology testing. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *26*, 1753-1763.

McGain F, Naylor C. Environmental sustainability in hospitals - a systematic review and research agenda. *J Health Serv Res Policy. 2014 Oct;19*(4):245-52. doi: 10.1177/1355819614534836. Epub 2014 May 9. PMID: 24813186.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Residuos Sanitarios: Tipos y características de los residuos sanitarios. Recuperado en 2024 de: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/residuos-sanitarios/tipos-caracteristicas-residuos-sanitarios.html

Mora, L. (2016). Guía práctica–armado una precisa matriz de riesgos. In J. Yerant apolis, Conferencia Anual latinoamericana sobre delitos Financieros de la ACFCS. *Asociación de especialistas certificados en delitos financieros, Hard Rock Panamá Meg*. Disponible en:

https://www.delitosfinancieros.org/wp-content/uploads/2016/10/TE_Matriz_Riesgo_Lucio_Mora.pdf

Moscelli, G., Gravelle, H., Siciliani, L., & Santos, R. (2018). Heterogeneous effects of patient choice and hospital competition on mortality. *Social Science & Medicine*, *216*, 50-58.

Muñoz, I., Ordieres Meré, J. B., & Vergara González, E. P. (2003). Aplicación del análisis del ciclo de vida (ACV) a la política ecológica de compras de la Fundación Hospital Calahorra (FHC). VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos: actas: 8-10 octubre : Pamplona 2003., 72.

Nariño, A. H., León, A. M., Rivera, D. N., & León, M. M. (2009). Mejora y perfeccionamiento de procesos hospitalarios. Propuesta de un algoritmo para su aplicación. *Avanzada Científica, 12*(1), 2.

Nematollahi, H., Ghasemzadeh, R., Tuysserkani, M., Aziminezhad, M., & Pazoki, M. (2024). Comparative Life Cycle Assessment of Hospital Waste Management Scenarios in Isfahan, Iran: Evaluating Environmental Impacts and Strategies for Improved Healthcare Sustainability. *Results in Engineering*, 102912.

Oneto, A. (2021). Gestión de riesgos y oportunidades. *Aertecsolutions.com*. Disponible en: https://aertecsolutions.com/2018/01/08/gestion-de-riesgos-y-oportunidades/

OpenLCA Manual version 2 (updated July 2024). Disponible en: https://greendelta.github.io/openLCA2-manual/introduction/index.html.

Organización Internacional de Normalización (ISO 2006a). ISO 14040:2006(es) Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Principios y marco de referencia.

Organización Internacional de Normalización (ISO 2006b). ISO 14044:2006(es) Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Requisitos y directrices.

Organización Internacional de Normalización (ISO 2015a). ISO 14001:2015(es) Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso.

Organización Internacional de Normalización (ISO 2015b). ISO 9001:2015(es) Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos.

Padilla, J. V., & Licona, F. M. (2010). Análisis del ciclo de vida de la tecnología médica desde una aproximación integral. *Prospectiva, 8*(2), 7-12.

Padmanabhan, K. K., & Barik, D. (2019). Health hazards of medical waste and its disposal. In Energy from toxic organic waste for heat and power generation (pp. 99-118). *Woodhead Publishing.*

Panaksri, A., Sathirapongsasuti, N., Thangto, C. R., Jantanasakulwong, K., Rachtanapun, P., Luangjinda, C., ... & Tanadchangsaeng, N. (2024). Life Cycle Comparative Assessment of Polyethylene Terephthalate (PET) Plastic Bottles: A Case Study of Drinking Bottled Water in Ramathibodi Hospital, Thailand. *Applied Environmental Research*, *46*(3).

Pérez Miras, A. R (2018) Gestión de residuos sanitarios, ¿adónde van a parar los residuos que generamos en los hospitales?. *PublicacionesDidácticas (E-Journal). Nº 98* septiembre 2018.

Pieragostini, C., Mussati, M. C., & Aguirre, P. (2012). On process optimization considering LCA methodology. *Journal of environmental management*, *96*(1), 43-54.

Prada, M., Prada, I. F., Cristea, M., Popescu, D. E., Bungău, C., Aleya, L., & Bungău, C. C. (2020). New solutions to reduce greenhouse gas emissions through energy efficiency of buildings of special importance–Hospitals. *Science of the Total Environment, 718*, 137446.

Protocol, K. (1997). Kyoto protocol. *UNFCCC Website. Available online: http://unfccc. int/kyoto_protocol/items/2830. php (accessed on 1 January 2011)*, 230-240.

Quintana-Gallardo, A., Del Rey, R., González-Conca, S., & Guillén-Guillamón, I. (2023). The environmental impacts of disposable nonwoven fabrics during the COVID-19 pandemic: case study on the Francesc de Borja hospital. *Polymers, 15*(5), 1130.

Quist, A. Z. (2024). Life Cycle Assessment (LCA) – Everything you need to know. *Ecochain.com*. Disponible en: https://ecochain.com/blog/life-cycle-assessment-lca-guide/#four-phase-lca

Rahmadi, E. (2010). HOSPITAL'S LIFE CYCLE STRATEGIES: STUDI MULTIKASUS RUMAH SAKIT SWASTA DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA.

Regula Lisa Keller, Karen Muir, Florian Roth, Marleen Jattke, Matthias Stucki (2021). From bandages to buildings: Identifying the environmental hotspots of hospitals, *Journal of Cleaner Production, Volume 319*, 128479,. ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128479.

Rodríguez, B. R. (2003). El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental. *Boletin IiE,* 91-97.

Rodríguez-Miranda, J. P., García-Ubaque, C. A. y García-Vaca, M. C. (2016). Gestión ambiental en hospitales públicos: aspectos del manejo ambiental en Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina, 64*(4), 621–624. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.54772

Rubio Calduch, Victoria. La gestión ambiental en la pequeña y mediana empresa. (1999) Departamento de Industria y medio ambiente de la Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Castellón.

Ruiz López, P., Martínez Hernández, J., & Alcalde Escribano, J. (2006). Gestión de procesos en el Hospital Universitario 12 de Octubre. *Rev. adm. sanit. siglo XXI*, 239-249.

Rutala, W. A., & Weber, D. J. (2001). A review of single-use and reusable gowns and drapes in health care. *Infection Control & Hospital Epidemiology, 22*(4), 248-257.

Saad, S. G. (2003). Integrated environmental management for hospitals*. Indoor and built environment, 12*(1-2), 93-98.

Sanahuja, J. A., & Tezanos Vázquez, S. (2017). Del milenio a la sostenibilidad: retos y perspectivas de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. *Polít. Soc. (Madr.)* 54(2) 2017: 533-555.

Seifert, C., Koep, L., Wolf, P., & Guenther, E. (2021). Life cycle assessment as decision support tool for environmental management in hospitals: A literature review. *Health care management review, 46*(1), 12-24.

Seo, S. N. (2017). Beyond the Paris Agreement: Climate change policy negotiations and future directions. *Regional Science Policy & Practice*, *9*(2), 121-141.

Sergeant, M., Webster, R., Varangu, L., Rao, A., Kandasamy, S., Rampton, M., ... & Hategan, A. (2022). Identifying Opportunities for Greenhouse Gas Reductions and Cost Savings in Hospitals: A Knowledge Translation Tree. *Healthcare Quarterly (Toronto, Ont.), 25*(3), 18-24.

Silva, D., Nunes, A. O., da Silva Moris, A., Moro, C., & Piekarski, T. O. R. (2017, June). How important is the LCA software tool you choose Comparative results from GaBi, openLCA, SimaPro and Umberto. In Proceedings of the VII Conferencia Internacional de Análisis de Ciclo de Vida en Latinoamérica, Medellin, Colombia (pp. 10-15).

Singh, H., Vernon, W., Scannell, T., & Gerwig, K. (2023). Crossing the Decarbonization Chasm: A Call to Action for Hospital and Health System Leaders to Reduce Their Greenhouse Gas Emissions. *NAM perspectives*, 2023.

Smith, C. L., Zurynski, Y., & Braithwaite, J. (2022). We can't mitigate what we don't monitor: using informatics to measure and improve healthcare systems' climate impact and environmental footprint. *Journal of the American Medical Informatics Association, 29*(12), 2168-2173.

Solé, M. D. C. M., & Espadalé, R. M. A. (2022). NTP 372: Tratamiento de residuos sanitarios.

Solouniformes.es (2021). Preguntas frecuentes sobre Ropa sanitaria desechable. Disponible en: https://www.solouniformes.es/134-ropa-de-trabajo-desechable.

Tomson, C. (2015). Reducing the carbon footprint of hospital-based care. *Future Healthcare Journal, 2* (1), 57-62.

Vicente, S. G., González, A. L., & Suárez-Varela, M. M. (2016). Implantación de los sistemas de gestión medioambiental voluntarios en la red hospitalaria española: estado actual (2015). *Revista de Salud Ambiental, 16*(2), 92-102.

Vidal R, Moliner E, Pikula A, Mena-Nieto A, Ortega A. Comparison of the carbon footprint of different patient diets in a Spanish hospital. *Journal of Health Services Research & Policy. 2015;20*(1):39-44. doi:10.1177/1355819614553017

Vidal, G., Neumann, P., & Hospido, A. (2022). Análisis del Ciclo de Vida: Fundamentos y aplicaciones a la gestión sustentable de los recursos hídricos. Editorial Universidad de Concepción, ISBN 978-956-227-481-4.

Vintimilla, M. P. P., & Álvarez, J. C. E. (2021). La responsabilidad social e impacto ambiental en hospitales. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 6*(12), 69-76.

Wagner, V., Keil, M., Lang-Koetz, C., & Viere, T. (2023). Screening life cycle assessment of medical workwear and potential mitigation scenarios*. Sustainable Production and Consumption, 40*, 602-612.

Wardhani, V., Utarini, A., van Dijk, J. P., Post, D., & Groothoff, J. W. (2009). Determinants of quality management systems implementation in hospitals. *Health policy*, *89*(3), 239-251.

Williams, A. S. (2009). Life cycle analysis: A step by step approach. Illinois Sustainable Technology Center TR Series, TR-040.

Yan, Z., Yu, Y., Du, K., & Zhang, N. (2024). How does environmental regulation promote green technology innovation? Evidence from China's total emission control policy. *Ecological Economics*, *219*, 108137.

Yang, T., & Percival, R. V. (2009). The emergence of global environmental law. *Ecology LQ*, *36*, 615.

Zah, Rainer; Gmünder, Simon; Gauch, Marcel; Mira, Daiana; Toro, Carlos & Arrango, Carlos. (2012). Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia; Cap.II Estudio ACV - Impacto Ambiental.