



**UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA SUPERIOR DE INFORMÁTICA**

**MEMORIA DE TRABAJO FIN DE MASTER
MÁSTER EN INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**Gamificación para promover la sostenibilidad
en los procesos de negocio**

Autor: Javier Mancebo Pavón
Tutor: Félix Oscar García Rubio

Octubre, 2016



UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA SUPERIOR DE INFORMÁTICA

MEMORIA DE TRABAJO FIN DE MASTER
MÁSTER EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

*Gamificación para promover la sostenibilidad
en los procesos de negocio*

Octubre, 2016

Autor: Javier Mancebo Pavón

Fdo.:

Tutor: Félix Oscar García Rubio

Fdo. de autorización a defender:

TRIBUNAL:

Presidente:

Vocal:

Secretario:

FECHA DE DEFENSA:

CALIFICACIÓN:

PRESIDENTE

VOCAL

SECRETARIO

Fdo.

Fdo.:

Fdo.:

A Maribel, por siempre estar a mi lado.

A Alba, por su apoyo.

A mis padres, por su esfuerzo para hacerlo posible

Agradecimientos

Durante el desarrollo de este Trabajo de Fin de Master he contado con muchas personas a mi lado, que gracias a su ayuda y apoyo, han hecho que este trabajo haya sido posible.

En primer lugar, me gustaría agradecer a Félix que me haya dado la oportunidad de continuar trabajando con él, y sobretodo que me siga brindando la ocasión de poder seguir trabajando juntos en los próximos años, ayudándome a lograr mis objetivos personales.

A mis compañeros de master y del grupo Alarcos, pero en especial a Julio, por haber sido mi compañero de fatigas estos últimos meses hasta que hemos logrado acabar nuestros trabajos, y por las que nos quedan por pasar.

A todos mis amigos, por sus ánimos en el trabajo, y su tiempo fuera de él.

A mi familia, por apoyarme siempre y haber dedicado sus esfuerzos a que yo pueda continuar logrando mis sueños, siendo siempre unos referentes para mí.

Y por último a Maribel, por ser la persona que me ha tenido que aguantar a su lado durante el desarrollo de todo este trabajo, porque sin su ayuda y apoyo no hubiera podido lograrlo. Gracias a ti hoy puedo estar donde estoy y ser la persona que soy.

Gracias, Javier.

Resumen

En los últimos años, la preocupación de la sociedad por el medioambiente ha ido creciendo hasta el punto de que las personas se están concienciando de la necesidad de tener un desarrollo sostenible, que permita emplear cualquier recurso en el presente sin comprometer el uso de dicho recurso en un futuro. Para alcanzar un alto grado de sostenibilidad, es necesario que todas las organizaciones se impliquen realizando una producción sostenible y respetuosa con el medioambiente.

Centrándonos en las tecnologías de la información, muchos autores destacan la importancia de mejorar la eficiencia energética de los sistemas informáticos para así lograr una mayor sostenibilidad, pero no basta con tener en cuenta únicamente los sistemas informáticos, ya que hay otros aspectos que pueden influir en el grado de sostenibilidad.

En este trabajo se pretende aplicar los conceptos de sostenibilidad para empresas u organizaciones que manejan una gestión por procesos de negocio, conocida como BPM, de manera que se puedan crear procesos de negocio que sean más sostenibles y eficientes con los recursos utilizados, dando lugar al término *Green BPM*. Para ello, se analizan de modo sistemático los trabajos relevantes en el área y a partir de dicho análisis se propone un conjunto de medidas base y derivadas para evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio, considerando las entidades relevantes que forman parte de un proceso. Del mismo modo y teniendo en cuenta el papel fundamental que juega el factor humano en los procesos de negocio se incorpora la gamificación para promover que las personas sean respetuosas con el medioambiente en su trabajo diario. Para lograrlo, se amplía la funcionalidad de la herramienta BPMS-Game, mediante la extensión de los *logs de ejecución* y el cálculo de un conjunto relevante de las medidas propuestas sobre sostenibilidad, de modo que se da soporte a la definición de juegos que promuevan la sostenibilidad.

Abstract

In recent years, society's concern about environment has grown to the extent that people are more aware of the necessity of having a sustainable development in order to permit the use of any resource in the present without endanger the use of this resource in the future. To achieve a high degree of sustainability, all the organizations need to be involved in making a sustainable and environmentally friendly production.

Focusing on information technologies, authors highlight the importance of improving the energy performance in computer science in order to reach an improved sustainability. However, it is not enough to consider just the computer systems as there are other aspects which may influence in the grade of sustainability.

The aim of this paper is to apply sustainability concepts to organizations, which follows the Business Process Management paradigm, known as BPM, by means of which it would be possible to generate more efficient and sustainable business processes, giving rise to the term Green BPM. For this purpose, relevant work in the area has been systematically scrutinized and in this work it has been proposed a set of base and derived measures in order to assess the sustainability of business processes considering the relevant entities which are part of a process. Analogously, in view of the fundamental role of the human factor in the business processes, gamification has been applied to encourage people to be environmentally friendly in their quotidian work. To achieve this functionality, the BPMS-Game tool has been enhanced by extending execution logs and supporting the definition and calculation of a relevant set of the proposed measures about process sustainability. As a result, the tool supports the definition of games to promote sustainability in business processes.

Índice de contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 CONTEXTO DEL PROYECTO	4
1.2 LOGRO DE COMPETENCIAS PLANTEADAS	6
1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	7
2. OBJETIVOS.....	9
2.1. OBJETIVO PRINCIPAL	9
2.2. OBJETIVOS PARCIALES	9
3. ESTADO DE LA CUESTION.....	11
3.1. PROCESOS DE NEGOCIO.....	11
3.2. GREEN BPM.....	14
3.3. GAMIFICACIÓN	16
3.3.1. BPMS-Game	18
4. MÉTODO DE TRABAJO	23
4.1. DESIGN SCIENCE RESEARCH METHODOLOGY (DSRM).....	23
4.2. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA.....	25
4.2.1. Proceso para realizar una SLR.....	26
5. RESULTADOS	31
5.1. FASE 0. ALCANCE Y PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	31
5.2. FASE 1. IDENTIFICAR EL PROBLEMA Y LA MOTIVACIÓN	35
5.2.1 Protocolo de la SLR	35
5.2.2 Ejecución de la SLR	41
5.2.3 Síntesis de los resultados de la SLR	50
5.3. FASE 2. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	56
5.3.1 Propuesta de medidas de sostenibilidad para PNs	57
5.3.2 Extensión de los logs de ejecución.....	74
5.4. FASE 3. DISEÑO Y DESARROLLO	78
5.5. FASE 4 Y 5. DEMOSTRACIÓN Y EVALUACIÓN.....	80
5.5.1 Caso de ejemplo con la herramienta.....	80
5.6. FASE 6. COMUNICACIÓN.....	84
6. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS	85
6.1 ANÁLISIS DE LA CONSECUCIÓN DE LOS OBJETIVOS.....	85
6.2 PROPUESTAS DE TRABAJO FUTURO	87
6.3 OPINIÓN DEL AUTOR.....	87
7. BIBLIOGRAFÍA.....	89
A. DIAGRAMA DE GANTT Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.....	93
B. LISTADO DE ESTUDIOS PRIMARIOS SELECCIONADOS.....	95
C. PLANTILLAS DE EXTRACCIÓN.....	97
D. ACRÓNIMOS	115
E. EJEMPLO LOGS DE EJECUCIÓN EXTENDIDO	117

Índice de tablas

TABLA 5.1 PLAN DE PROYECTO ESTIMADO	33
TABLA 5.2 GESTIÓN DE COSTES	34
TABLA 5.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	36
TABLA 5.4 TÉRMINOS DE BÚSQUEDA	37
TABLA 5.5 RESUMEN ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA	38
TABLA 5.6 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	39
TABLA 5.7 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR	40
TABLA 5.8 PREGUNTAS SUBJETIVAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LOS TRABAJOS	41
TABLA 5.9 NÚMERO DE ESTUDIOS ENCONTRADOS POR FUENTE	41
TABLA 5.10 LISTADO DE ESTUDIOS PRIMARIOS	44
TABLA 5.11 MEDIDAS ENCONTRADAS CLASIFICADAS POR TIPO	48
TABLA 5.12: RESULTADO ESTUDIO CALIDAD DE LOS ARTÍCULOS	49
TABLA 5.13 SÍNTESIS DE LOS TRABAJOS PRIMARIOS EXTRAÍDOS EN LA SLR	51
TABLA 5.14 MEDIDAS ENCONTRADAS CLASIFICADAS POR TIPO	55
TABLA 5.15 LISTA DE MEDIDAS BASE PROPUESTAS POR TIPO DE TAREA	60
TABLA 5.16 LISTA DE MEDIDAS BASE PROPUESTAS PARA LAS TAREAS DE TIPO MANUAL	62
TABLA 5.17 LISTA DE MEDIDAS DERIVADAS PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD A NIVEL DE CASO	64
TABLA 5.18 LISTA DE MEDIDAS PROPUESTAS PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD A NIVEL DE PROCESO	65
TABLA 5.19 DATOS SIMULADOS EJEMPLO TAREA 1	69
TABLA 5.20 DATOS SIMULADOS EJEMPLO TAREA 2	69
TABLA 5.21 DATOS SIMULADOS EJEMPLO TAREA 3	70
TABLA 5.22 DATOS SIMULADOS EJEMPLO TAREA 4 Y TAREA 7	70
TABLA 5.23 DATOS SIMULADOS EJEMPLO TAREA 5	71
TABLA 5.24 DATOS SIMULADOS EJEMPLO TAREA 6	71
TABLA 6.1 CONSECUCIÓN DE LOS OBJETIVOS PARCIALES DEL TFM	85
TABLA C.1 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR1	98
TABLA C.2 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR2	100
TABLA C.3 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR3	101
TABLA C.4 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR4	103
TABLA C.5 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR5	104
TABLA C.6 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR6	106
TABLA C.7 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR7	107
TABLA C.8 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR8	109
TABLA C.9 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR9	110
TABLA C.10 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR10	112
TABLA C.11 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR11	113
TABLA C.12 PLANTILLA DE EXTRACCIÓN SLR12	114

Índice de Figuras

FIGURA 1.1. EQUILIBRIO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE [1]	1
FIGURA 1.2 DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL PROYECTO	4
FIGURA 3.1. DESCRIPCIÓN DE UN PROCESO DE NEGOCIO	11
FIGURA 3.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA HASTA ALCANZAR EL BPMS [18]	12
FIGURA 3.3. ELEMENTOS Y BENEFICIOS DE LA GAMIFICACIÓN [12]	17
FIGURA 3.4. FORMULARIO DE DEFINICIÓN DE REGLAS EN BPMS-GAME	19
FIGURA 3.5. INTERFAZ JUGADOR BPMS-GAME	20
FIGURA 3.6. MODELO DE DOMINIO DE LA HERRAMIENTA BPMS-GAME [12].....	21
FIGURA 4.1. PROCESO DSRM	23
FIGURA 4.2. PROCESO PARA REALIZAR UNA SLR. ADAPTADO DE [40]	27
FIGURA 5.1 PROCESO DE SELECCIÓN DE TRABAJOS.....	42
FIGURA 5.2 DISTRIBUCIÓN DE ARTÍCULOS SEGÚN SU TIPOLOGÍA	45
FIGURA 5.3 NÚMERO DE ARTÍCULOS SELECCIONADOS POR AÑO	46
FIGURA 5.4 CANTIDAD DE MEDIDAS ENCONTRADAS CLASIFICADAS POR TIPO	47
FIGURA 5.5 ESTUDIOS SELECCIONADOS POR AÑO Y TIPO DE MEDIDA.....	47
FIGURA 5.6 NÚMERO DE ARTÍCULOS POR NOTA TOTAL DE CALIDAD	49
FIGURA 5.7 TIPO DE TAREAS SEGÚN ESTÁNDAR BPMN	58
FIGURA 5.8 DIAGRAMA PROCESO DE RECOGIDA DE PACIENTE	66
FIGURA 5.9 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN LOGS DE EJECUCIÓN CON FORMATO XES	75
FIGURA 5.10 FRAGMENTO LOGS DE EJECUCIÓN CON FORMATO XES	75
FIGURA 5.11 ESTRUCTURA BASE DE UN LOGS DE EJECUCIÓN EXTENDIDO	77
FIGURA 5.12 FRAGMENTO DE LOGS DE EJECUCIÓN EXTENDIDO PARA DAR SOPORTE A SOSTENIBILIDAD ..	77
FIGURA 5.13 DIAGRAMA DE MODELO DE DOMINIO DE LA HERRAMIENTA A MODIFICAR	79
FIGURA 5.14 INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD HERRAMIENTA GREEN BPMS-GAME	81
FIGURA 5.15 CREACIÓN INSIGNIA TRABAJADOR ECOLÓGICO	81
FIGURA 5.16 CREACIÓN NUEVA REGLA SOSTENIBLE	82
FIGURA 5.17 VISUALIZACIÓN RESULTADOS OBTENIDOS TRAS LA EVALUACIÓN DE LAS REGLAS DE SOSTENIBILIDAD	83
FIGURA A.1 DIAGRAMA DE GANTT DEL PROYECTO	94

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el estilo de vida que llevamos está poniendo en riesgo la existencia futura de los recursos que utilizamos en nuestra vida cotidiana, pudiendo suponer un gran riesgo para generaciones futuras. Aunque es cierto que en los últimos años ha aumentado la conciencia de las personas sobre este tema, haciendo que cada vez más personas se preocupen por ello e intenten enderezar este problema, evitando así poner en riesgo el medioambiente. Esta idea es conocida como **sostenibilidad** (*sustainability*, en inglés), y se refiere a la capacidad de emplear cualquier recurso en el presente sin poner en compromiso el uso de dicho recurso por las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, garantizando un equilibrio entre el crecimiento económico, el bienestar social y el medioambiente [1].



Figura 1.1. Equilibrio del desarrollo sostenible [1]

Para contribuir con la sostenibilidad es necesario que todas las personas se concienten de la importancia que conlleva y lo tengan en cuenta en todas las acciones que realizan ya que, aunque parezcan insignificantes, las acciones individuales pueden contribuir considerablemente en la mejora de la sostenibilidad. Algunas iniciativas básicas como reducir, o no malgastar los recursos disponibles (agua, papel, etc.), reutilizar o reciclar todo lo que sea posible o utilizar tecnologías eficientes y respetuosas con el medio ambiente, pueden ser de gran ayuda.

Para un desarrollo sostenible no basta solo con la implicación de las personas, sino que la industria y las organizaciones deben ser partícipes. De hecho, ya se exige a los distintos fabricantes, en sociedades avanzadas, a seguir unos principios sostenibles en el diseño y desarrollo de sus productos, consiguiendo que sea una producción de manera sostenible y ayude a preservar el medioambiente [2]. Si nos centramos en la industria de las tecnologías de la información, cada vez aparecen más iniciativas diferentes con el fin de mejorar la eficiencia energética y por tanto una mayor sostenibilidad [3]. Estas iniciativas han desembocado en una tendencia actual conocida como **Green IT**, o tecnologías verdes, dirigida al diseño y construcción de sistemas informáticos eficientes [4]. Esta tendencia está basada en los conceptos de una organización sostenible con el fin de reducir costes y reducir aspectos que influyen negativamente en el medioambiente (reducción del consumo de energía, reducción de los residuos generados, etc.).

Las tendencias *Green IT* están empezando a tener influencia en uno de los grandes paradigmas que ha irrumpido con fuerza en los últimos años en las organizaciones y empresas, como es la gestión de procesos de negocio, conocida como **BPM** (Business Process Management) y que centra todos los esfuerzos en la optimización de los procesos de negocio de la organización [5]. De este modo la gestión de procesos de negocio puede contribuir a las iniciativas *Green IT*, facilitando y ayudando a crear procesos de negocio que sean más sostenibles y eficientes con los recursos empleados [3, 6]. La sinergia de ambas tendencias es lo que ha dado lugar al término **Green BPM**, también conocido como gestión sostenible de los procesos de negocio [7].

A pesar del gran impacto en la sostenibilidad del medioambiente que se puede alcanzar al implantar en las organizaciones iniciativas que conduzcan al *Green BPM* es cierto que muchas de las organizaciones y las personas que trabajan en ellas no han incorporado la sostenibilidad como un objetivo primordial en sus procesos de negocio [8]. Por este motivo es necesario buscar un aliciente en las organizaciones y empresas que haga que sus trabajadores participen en las iniciativas sostenibles, teniendo en cuenta el papel fundamental que juega el factor humano en los procesos de negocio. Para ello, en el contexto de este TFM se considera la necesidad de incorporar la **gamificación**, que consiste en el empleo de elementos de juego,

pensamientos y mecánicas, en contextos más serios o de no-juego con el objetivo de inducir determinados comportamientos en las personas participantes para mejorar la participación y el compromiso de los usuarios en la realización de una tarea determinada [9-11].

Como resultado de todas las tendencias actuales que se han expuesto en los párrafos anteriores, este estudio pretende conseguir un nexo de unión entre ellas, de manera que podamos emplear la gamificación, con mecánicas y dinámicas de juego, para intentar promover que los trabajadores de una organización sigan una serie de iniciativas *green* en los procesos de negocio que ellos interactúan. Es decir, se trata de aplicar la gamificación con el objetivo de mejorar la sostenibilidad en un entorno de BPM, dando lugar a una organización comprometida con el medioambiente y siguiendo las directrices del *Green BPM*. Para lograrlo se pretende realizar una extensión de la aplicación BPMS-Game, siendo ésta una herramienta desarrollada por Javier Mancebo, autor del presente trabajo como resultado de su trabajo fin de grado, que permite dar soporte a la aplicación de gamificación en sistemas BPMS [12, 13]. Con la extensión se pretende que la herramienta tenga en cuenta diferentes aspectos de la sostenibilidad de los procesos de negocio a la hora de realizar la gamificación, de modo que ayude a los usuarios de las plataformas BPMS a estar más concienciados y ser más respetuosos con el medio ambiente. Esta extensión de la herramienta ha sido nombrada *Green BPMS-Game*.

Antes de llevar a cabo la extensión de la herramienta es necesario realizar un estudio de la literatura actual que permita identificar qué medidas de sostenibilidad pueden aplicarse para evaluar el grado de sostenibilidad de los procesos de negocio y realizar una propuesta de las medidas que se emplearán. Una vez se haya definido la propuesta de medidas de sostenibilidad se deberán incluir en una extensión de los *logs* de ejecución de manera que incluyan dichas medidas dando soporte a la sostenibilidad, ya que estos *logs* extendidos serán la base para que la herramienta *Green BPMS-Game* pueda dar soporte a la gamificación de los procesos de negocio teniendo en cuenta la sostenibilidad de los mismos. La Figura 1.2 muestra un resumen gráfico del trabajo a desarrollar a lo largo de este TFM.



Figura 1.2 Descripción gráfica del proyecto

1.1 Contexto del proyecto

El presente TFM es un trabajo que se enmarca dentro del proyecto *GINSENG (Green in Software Systems and Software Engineering)*, proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER. Los desafíos que se pretenden alcanzar con este proyecto son: en primer lugar, contribuir al conocimiento de la sostenibilidad software tanto a nivel nacional e internacional, ya que, aunque existen investigaciones previas en el denominado campo de *Green TI*, la sostenibilidad del propio software es prácticamente un campo inexplorado. El segundo objetivo es contribuir de manera activa a la concienciación de la sociedad en general y del sector TIC en particular, del impacto que el software tiene en el medio ambiente. El proyecto será desarrollado por el Grupo Alarcos, de la UCLM, en coordinación con el Grupo GIS, de la universidad de Murcia.

En línea con los desafíos planteados, los objetivos principales de este proyecto son:

- O1. Definir un marco del Gobierno IT para el desarrollo de *Green Software Systems*.
- O2. Gestión de Procesos de negocio para *Green Software Systems*.
- O3. Definición de procesos y artefactos de Ingeniería de Requisitos (IR) para *Green Software Systems*.
- O4. Proporcionar elementos arquitectónicos y de reingeniería para el Desarrollo de *Green Software Systems*.

- 05. Definir la *greenability* como parte de la calidad del software y definir técnicas de *testing* específicas para los aspectos *Green* de un sistema software.
- 06. Validar las propuestas y desarrollar las herramientas que soporten las mismas, en relación con los objetivos anteriores.

Con este trabajo se pretende cumplir una parte del objetivo O2. Gestión de procesos de negocio para *Green Software Systems*, mediante la participación en las siguientes tareas:

- **Tarea 2.1. Extensión lenguajes de modelado de procesos y de registros de ejecución para la incorporación de *Green*.** Donde se analizarán los lenguajes de interés de modelado de procesos software desde la perspectiva de Ingeniería de Métodos (SPEM 2) y de procesos de negocio para soporte a la ejecución de procesos software (BPMN2). Se definirán constructores de modelado que permitan definir las características de "*Greenability*" a incorporar en los procesos. Se analizarán los estándares de *logs* de ejecución de procesos como XES para proponer extensiones que incorporen nuevos atributos a incorporar que permitan registrar los resultados de "*Greenability*" de cada instancia de ejecución de procesos
- **Tarea 2.2 Desarrollo de un entorno metodológico y tecnológico para "gamificación" de procesos de negocio que promueva la mejora de su "*Greenability*".** Se definirá una metodología para la aplicación de gamificación a la hora de promover la mejora de "*Greenability*" en los procesos software motivando a las personas que participan en ellos mediante un enfoque centrado en los "jugadores"; balanceando analítica y creativa y basada en prototipos. Se desarrollará una herramienta de soporte que extraerá la información de rendimiento en el proceso de los "jugadores" analizando los *logs* extendidos de la tarea anterior y creará portal web para dar soporte a la gamificación del proceso de acuerdo a la metodología propuesta.

1.2 Logro de competencias planteadas

Con el desarrollo del presente TFM se ha tratado de alcanzar las competencias específicas del proyecto, que fueron seleccionadas en la propuesta inicial. Las competencias indicadas son:

- **CE2:** Capacidad para la planificación estratégica, elaboración, dirección, coordinación, y gestión técnica y económica en los ámbitos de la ingeniería informática relacionados, entre otros, con: sistemas, aplicaciones, servicios, redes, infraestructuras o instalaciones informáticas y centros o factorías de desarrollo de software, respetando el adecuado cumplimiento de los criterios de calidad y medioambientales y en entornos de trabajo multidisciplinares.

Para lograr esta competencia seleccionada ha sido necesario realizar una planificación, temporal y económica, previa para posteriormente poder realizar el presente TFG. El logro de esta competencia se puede observar en la sección 5.1, donde se expone el alcance y la planificación del proyecto.

- **CE6:** Capacidad para asegurar, gestionar, auditar y certificar la calidad de los desarrollos, procesos, sistemas, servicios, aplicaciones y productos informáticos.

Con el desarrollo de este trabajo se pretende mejorar la sostenibilidad de los procesos de negocio, lo cual permite alcanzar esta competencia debido a que con ello se pretende conseguir una gestión óptima y sostenible de los procesos.

1.3 Estructura del documento

El presente TFM se compone de 7 capítulos y 5 anexos, los cuales se describen a continuación:

- 1. Introducción.** En este capítulo se expone el tema a tratar en el presente TFM, se plantean las competencias específicas alcanzadas y se presenta la estructura del documento.
- 2. Objetivos.** En este capítulo se plantea el objetivo principal que se pretende lograr con el desarrollo del presente TFM, y una serie de objetivos parciales necesarios cumplir para lograr el objetivo principal.
- 3. Estado de la cuestión.** En este capítulo se presentan los principales conocimientos relacionados con la temática abordada en el presente TFM.
- 4. Método de trabajo.** En este capítulo se exponen la metodología de trabajo que se ha de seguir para desarrollar el presente trabajo.
- 5. Resultados.** En este capítulo se presentan los resultados que se han ido alcanzando durante el desarrollo del TFM con el fin de alcanzar el objetivo principal.
- 6. Conclusiones y propuestas.** Se exponen las conclusiones extraídas, una vez concluido el trabajo, el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, y se propone una serie de propuestas futuras relacionadas con el trabajo.
- 7. Bibliografía.** En este capítulo se incluyen las referencias a la bibliografía en la que se ha basado la realización del presente TFM.

En la parte final de este documento se presentan los Anexos, que se incluyen para aclarar y ampliar la información, con el fin de dar mejor comprensión de alguno de los temas tratados en los capítulos anteriores, la lista de anexos es la siguiente:

Anexo A - Diagrama de Gantt y seguimiento del proyecto. Se incluye el diagrama de Gantt que ha sido desarrollado para la planificación y el seguimiento del trabajo.

Anexo B - Listado de estudios primarios seleccionados. Este anexo incluye una lista completa de los estudios primarios seleccionados en la revisión sistemática.

Anexo C - Plantillas de extracción. Se incluyen las plantillas de extracción rellenas de todos los estudios primarios seleccionados.

Anexo D - Acrónimos. En este anexo se presentan los acrónimos empleados en la elaboración del presente documento.

Anexo E - Log de ejecución extendido. En este anexo se incluye un ejemplo de *log* de ejecución extendido a partir del cual se puede evaluar la sostenibilidad de un proceso.

2. OBJETIVOS

A lo largo de este capítulo se describe el objetivo principal del presente TFM, así como los objetivos parciales derivados del mismo.

2.1. Objetivo principal

La motivación de este Trabajo Fin de Master viene determinada por la importancia que está adquiriendo la sostenibilidad en las distintas organizaciones, y cómo se puede llevar a cabo en los procesos de negocio, con la aplicación de la gamificación, promoviendo la sostenibilidad en dichos procesos, tratando así de mejorar la motivación y la implicación de los usuarios participantes.

De este modo, el objetivo principal es el **desarrollo de un entorno que promueva procesos de negocio más sostenibles mediante la aplicación de la gamificación**, incorporando aspectos de juego (mecánicas, reglas y dinámicas) con el fin de fomentar que los usuarios de las plataformas BPMS sean respetuosos con el medioambiente en su trabajo cotidiano.

A continuación, se describen los objetivos subyacentes que se derivan del objetivo principal.

2.2. Objetivos parciales

Para llevar a cabo la consecución del objetivo principal es necesario satisfacer los siguientes objetivos parciales:

- **Ob1 – Conocer las distintas medidas de sostenibilidad existentes.** Para ello se pretende realizar una revisión sistemática de la literatura y encontrar todas las medidas propuestas que se puedan obtener de un proceso de negocio y permitan calcular el impacto ambiental que dicho proceso conlleva, para que sirva como base para el desarrollo del entorno que de soporte a la mejora de la sostenibilidad en los procesos de negocio.

- **Ob2 – Soporte a la sostenibilidad a través de los *logs* de ejecución.** Se debe extender los archivos de registros (*logs*) de ejecución en formato estándar XES, con el objetivo que se registren los valores de las medidas seleccionadas para evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio. El formato XES (*Extensible Event Stream*) tiene como propósito es proporcionar un formato reconocido generalmente para el intercambio de datos de registros de eventos entre las herramientas [14].

- **Ob3 – Desarrollo de una herramienta que de soporte a la gamificación de los procesos de negocio teniendo en cuenta la sostenibilidad.** Para ello se ampliará la funcionalidad de la herramienta BPMS-Game [12], de manera que de soporte a la gamificación de los procesos de negocio en el contexto de la sostenibilidad.

3. ESTADO DE LA CUESTION

El objetivo de este capítulo es presentar los conocimientos e información relevante que servirán como base para el posterior desarrollo del TFM. Los temas principales tratados son los siguientes:

- Fundamentos de la gestión por procesos de negocio, y la sostenibilidad en ellos.
- La gamificación en los procesos de negocio, y la herramienta BPMS-Game para dar soporte.

3.1. Procesos de Negocio

Antes de profundizar en otros aspectos relevantes es necesario conocer qué es un proceso de negocio, de aquí en adelante PN, y aunque existen diversas definiciones, una muy representativa es la siguiente: “Un proceso de negocio es un **colección de actividades** que toman uno o más tipos de **entradas** y crean una **salida** que es de **valor** para un cliente” (ver Figura 3.1) [15].

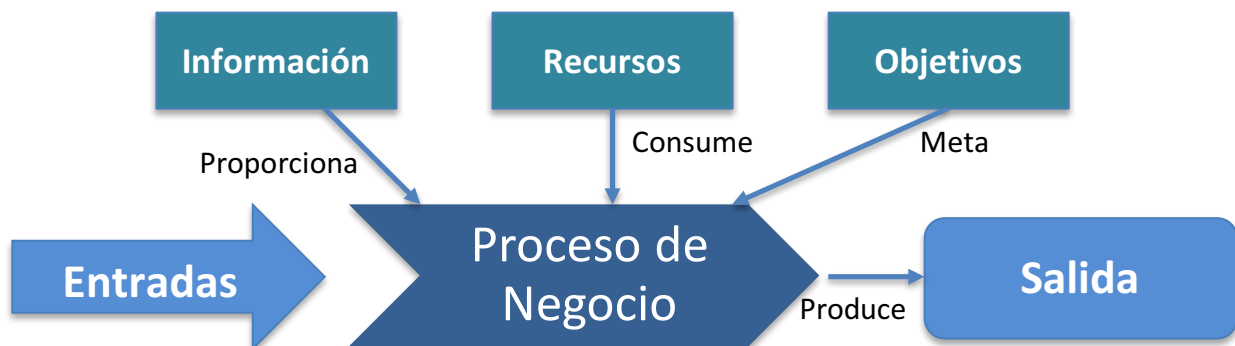


Figura 3.1. Descripción de un proceso de negocio

Una vez presentada la definición de qué es un PN, se abordará el paradigma BPM, del inglés Business Process Management, término que fue acuñado en el año 2002. Una definición representativa de BPM es la siguiente [16]:

<< *Business Process Management (BPM)* es un enfoque sistemático para identificar, ejecutar, documentar, medir y controlar tanto los procesos manuales como los automatizados, con la finalidad de lograr resultados consistentes que se encuentren

alineados con la estrategia y objetivos de la organización. BPM abarca el apoyo creciente de TI con el objetivo de mejorar, innovar y gestionar los procesos de principio a fin, que determinan los resultados de negocio, crean valor para el cliente y posibilitan el logro de los objetivos con mayor agilidad. >>

Hasta alcanzar el paradigma BPM ha sido necesario recorrer un largo camino con numerosos avances en las principales teorías y aproximaciones en el campo de la gestión organizacional, así como en las tecnologías disponibles [17, 18]. En la Figura 3.2 se muestra un eje temporal que representa los avances producidos y la convergencia de conceptos de gestión y tecnologías informáticas que han conducido al BPM actual y a las plataformas BPMS para darlo soporte [18].

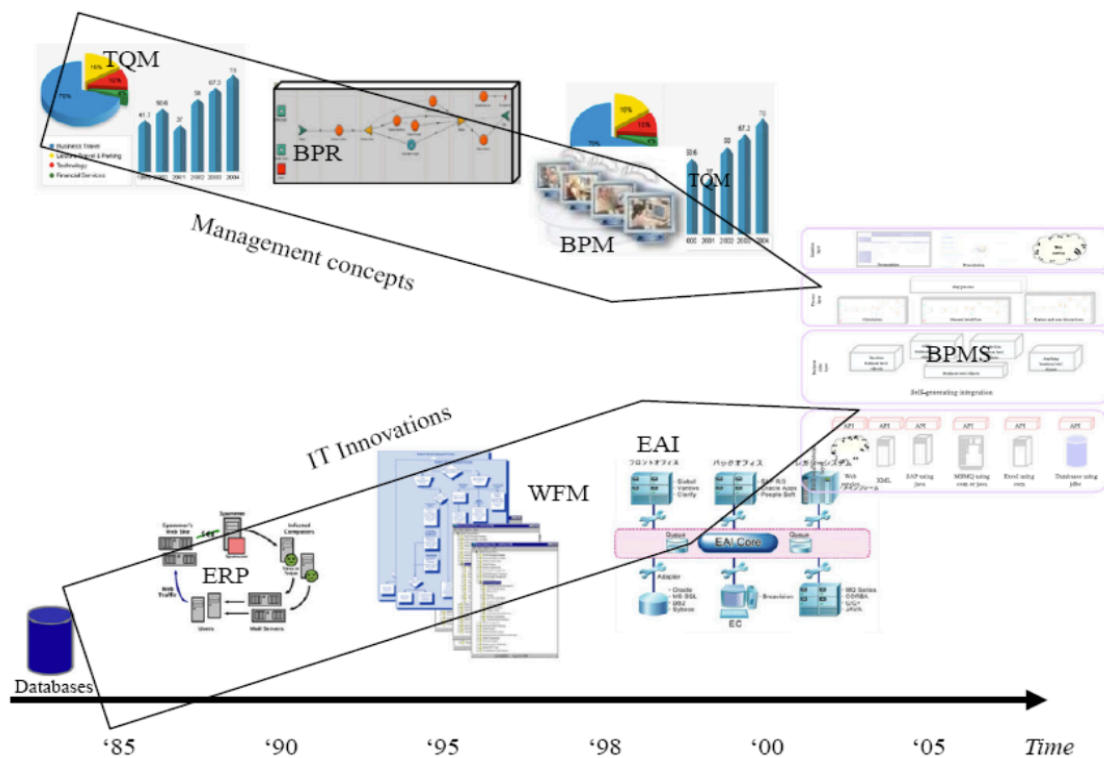


Figura 3.2. Evolución histórica hasta alcanzar el BPMS [18]

El empleo del paradigma BPM, así como de las tecnologías de soporte, pueden aportar a las organizaciones numerosas ventajas [17]:

- Modelar los procesos de la organización abarcando la cadena de valor y coordinar los roles, personas y recursos que participen en los mismos.
- Ganar visibilidad en los procesos.

- Mayor flexibilidad y agilidad para adaptarse al cambio.
- Integrar información de distintas fuentes.
- Reducir costes al conseguir que los procesos sean más eficientes.
- Mejorar la satisfacción del cliente, ya que tendrán una mejor experiencia de compra.
- Integrar sistemas de información externos.
- Monitorizar y realizar el seguimiento y control del rendimiento de los procesos.
- Permite a los técnicos hablar el “mismo idioma” que las personas del negocio.
- Ayuda a salvar la distancia con los sistemas, máquinas y aplicaciones que automatizan los PN.

La tecnología existente para dar soporte al BPM se conoce como BPMS (*Business Process Management Systems*). Un BPMS es un software que se encarga coordinar la ejecución de los PN en base a representación de modelos, y están destinado a ser el núcleo clave en la gestión de las organizaciones de manera que puedan integrar sistemas, automatizar actividades y tener el control sobre los PNs. En un sistema BPMS pueden converger diferentes tecnologías como son: servidores de aplicaciones, ERP, servicios web, etc. [5, 17, 19]. Algunos de los más destacados, abiertos o comerciales son: jBPM, Bonita o Bizagi BPM Suite.

Una vez que se han presentado los conceptos más relevantes sobre la gestión de los procesos de negocio, se procede a describir la importancia de la sostenibilidad en la gestión organizacional hoy en día, y cómo las técnicas de gestión de procesos (BPM) nos puede permitir alcanzarlo en el contexto del desarrollo sostenible.

3.2. Green BPM

La sostenibilidad se ha convertido en una tendencia de gran relevancia en los últimos tiempos, y se puede definir como “ la capacidad de cubrir las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” [1].

La sostenibilidad ha alcanzado gran importancia en el contexto de los negocios, llegando a considerarse una de las dimensiones más importantes a tener en cuenta, junto el coste, el tiempo o la calidad [7], ya que uno de los objetivos que todas las organizaciones se plantean es alcanzar un alto grado de compromiso con el medio ambiente.

Tal como se ha descrito en el apartado anterior, los procesos de negocio son los medios que emplean para coordinar los recursos (entradas) de las organizaciones para la consecución de sus objetivos (salida). Dentro de estas entradas se incluyen las materias primas, las herramientas empleadas o la energía necesaria para llevar cabo el proceso de negocio. En la salida producida se incluye los productos o servicios deseados, es decir, los objetivos del proceso, y una serie de resultados no deseados, como pueden ser las emisiones y los residuos generados, que afectan al grado de sostenibilidad de los PNs [20]. Es por ello por lo que aparece el término *Green BPM*, que aúna la gestión de los procesos de negocio con sistemas sostenibles, con la intención de incorporar unos objetivos ecológicos a la gestión de los procesos de negocio. Aunque a día de hoy, hay una cierta falta de estudios que trabajen en esta combinación, ya que la gran mayoría de estudios relevantes hasta la fecha tratan de proyectos de TI sostenibles, que se refieren a aspectos de la sostenibilidad en departamentos o áreas de negocio, pero no orientan su enfoque hacia conseguir un proceso de negocio sostenible [21].

Algunos autores destacan la gran importancia de alcanzar unos procesos sostenibles y han tratado de crear nuevos modelos que permitan adaptar el *Green BPM* a las organizaciones, otros en cambio han realizado diferentes propuestas de entidades y medidas que pueden ser usadas para evaluar sostenibilidad de los PNs, así poder determinar su grado de sostenibilidad. Pero entre los diversos estudios, todavía no existe una unanimidad entre las entidades y atributos deben ser objeto de medir la

sostenibilidad en los PN, ni cuáles son las medidas más apropiadas para llevar a cabo dichas mediciones.

Un gran número de los trabajos estudiados centran como objetivo para conocer la sostenibilidad de los procesos únicamente en la infraestructura hardware [22, 23], desde los consumos de los centros de procesamiento de datos y redes de comunicación hasta el equipo informático de trabajo, ya que ocupa la mayor parte del consumo, y generan una gran cantidad de emisiones y desechos [24-27]. En los últimos tiempos han aparecido diferentes estudios sobre la importancia de medir la sostenibilidad de las aplicaciones software [28, 29]. También se encuentran diferentes estudios que muestran la importancia de medir la sostenibilidad para cada una de las tareas que se llevan a cabo en un PN, y sumando el índice de sostenibilidad de cada una de ellas podemos obtener el grado de sostenibilidad de cualquiera de los procesos, es decir, el impacto en el medio ambiente que provoca la ejecución del PN [6, 30].

Respecto a las medidas, los autores las dividen en tres tipos diferentes: respecto a la cantidad de energía consumida para llevar a cabo un proceso, son las medidas más populares en los estudios [8, 21, 24, 25, 30]. Otro tipo de medidas más empleadas son las que miden la cantidad de emisiones o desechos tóxicos que se generan por los procesos de negocio [6, 7, 20], y en menor medida, también aparecen algunos estudios que hablan de la necesidad de tener en cuenta la cantidad de materias primas, como pueden ser el agua, el papel o la tinta de impresión, que se emplean para alcanzar los objetivos en los procesos de negocio [26, 30].

Con el desarrollo del presente TFM contribuiremos a un mejor entendimiento de las diferentes medidas y atributos que se encuentran en la bibliografía relevante mediante la realización de una revisión sistemática de la literatura.

Una vez que se han presentado el concepto de Green BPM, en el siguiente apartado se describen los conceptos relevantes del campo de la gamificación, que es aplicada en este TFM con el objetivo de promover la sostenibilidad dentro de los procesos de negocio. Del mismo modo, se describe la herramienta BPMS-Game, que se empleará para dar soporte a dicha gamificación.

3.3. Gamificación

Al igual que el término sostenibilidad ha ganado gran popularidad en los últimos años, otro término, como es la gamificación (*en inglés, gamification*) ha irrumpido con fuerza en muchos ámbitos de nuestra vida cotidiana. La gamificación se puede definir generalmente como la aplicación de elementos y mecánicas de juego en entornos o actividades de no juego, con el fin de alcanzar unos objetivos, como pueden ser mejorar el compromiso o la implicación de las personas involucradas en ciertas tareas [9, 10, 31].

Mientras que se puede pensar que todo lo referido a la gamificación puede ser una tendencia novedosa, las raíces de la gamificación se remontan a principios de 1900, aunque no es hasta finales del 2002 cuando se acuñó por primera vez el término “*gamification*” por Nick Pelling para describir su trabajo, aunque este término no cobró realmente importancia hasta el 2010 con las definiciones de Deterding y Zichermann.

Actualmente el campo de la gamificación es un gran área de investigación, tanto en el ámbito académico como empresarial, que ha atraído una importante atención en varios dominios de aplicación, tales como en la educación y la formación o en las aplicaciones para dispositivos móviles [32]. Una de las líneas más importantes de investigación en este campo ha sido la evidencia acerca de la utilidad de la gamificación; esta se evaluó inicialmente por Hamari et al. [33] a través de una revisión de la literatura. Como resultado se concluyó que la aplicación de la gamificación funciona, pero que es necesario tener en cuenta ciertas advertencias, como que en algunos casos la gamificación está basada en las mecánicas de juego básicas (puntos, niveles o clasificaciones) y que se deben considerar otros aspectos más avanzados como pueden ser la interacción social o la movilidad.

En los últimos años, una gran parte del trabajo de investigación se ha centrado en cómo se puede aplicar la gamificación en entornos de ingeniería del software. Es una línea de investigación bastante joven, ya que como se puede observar en un mapeo sistemático [11] de los estudios existentes en el campo de la gamificación en la ingeniería del software, los primeros artículos datan del 2010. En cuanto al tipo de elementos de juego y la mecánica aplicada en las propuestas existentes, los sistemas

de insignias de recompensa basados en puntos fueron los más relevantes, seguidos por los rankings de clasificación, elementos sociales y cuadros de mando.

Se pueden distinguir distintos elementos empleados en la gamificación, independientemente del dominio en el que se aplique, como son las mecánicas y componentes y las dinámicas de juego, estos elementos se resumen en la Figura 3.3. Los componentes y mecánicas de juego son los procesos básicos de la gamificación que impulsan la acción (dinámicas) hacia delante y generan un compromiso con el jugador [31, 34, 35]. Las mecánicas de un sistema gamificado están formadas por una serie de elementos o componentes que, usados de forma correcta, dan una respuesta significativa a los jugadores. Los componentes de juego más aplicados son los puntos, niveles, clasificaciones e insignias. Las dinámicas son los elementos que añadimos al sistema para que sea visto como una experiencia lúdica, es decir, las motivaciones que impulsan a los usuarios a seguir jugando. Las dinámicas que deben contener cualquier sistema gamificado son: restricciones, emociones, narrativa, progresión y relaciones.



Figura 3.3. Elementos y beneficios de la gamificación [12]

Actualmente existen diferentes herramientas comerciales que dan apoyo a los procesos de ingeniería del software mediante la incorporación de los mecanismos básicos de gamificación mencionados; algunos ejemplos son RedCritic, PropsToYou, ScrumKnowsy, Masterbranch, CodeHunt, The Continuous Integration Game, o el plugin Jenkins, entre otros [11]. También existen algunas plataformas de gamificación que aplicadas con las herramientas corporativas de una organización ayudan a crear un entorno gamificado; alguna de estas plataformas de gamificación general son: Badgeville (www.badgeville.com); Gamify - (www.gamify.es); Bunchball Nitro - (www.bunchball.com/nitro), entre otras.

3.3.1. BPMS-Game

BPMS-Game es una herramienta software desarrollada por Javier Mancebo como parte de su trabajo fin de grado con la que se pretende dar soporte a la gamificación de los procesos de negocio [12]. Esta herramienta permite la incorporación de algunos de los aspectos de juego que han sido presentados en el anterior apartado, con el fin de fomentar la implicación y la motivación de los usuarios que participan en las tareas de los procesos de negocio analizados.

BPMS-Game da soporte a la definición de juegos sobre plataformas BPMS y a su evaluación a partir de los *logs* de ejecución de dichas plataformas, de modo que, en base a una serie de indicadores establecidos en la herramienta, los usuarios puedan obtener una serie de logros que puedan ser canjeados por distintas recompensas a elegir por los jugadores.

Las principales funcionalidades que incluye la herramienta son:

- Extracción de la información de procesos de negocio independientemente del sistema BPMS que se trate. La herramienta BPMS-Game es aplicable a cualquier sistema BPMS, de manera que obtiene la información de los PNs a partir de los *logs* de ejecución, que son registros generados por el BPMS, y que contienen toda la información relativa a los eventos ocurridos durante los procesos de negocio. Dichos *logs* deberán estar definidos en el formato estándar XES.

- Gestión de usuarios. La aplicación da soporte a la administración de los usuarios que participan en el juego y que son los recursos humanos participantes en el proceso de negocio.
- Cálculo de medidas base. La aplicación realiza de forma automática el cálculo de las medidas bases que son usadas posteriormente para la definición de reglas.
- Gestión de reglas y logros. La herramienta permite la creación de reglas de juego (ver Figura 3.4), así como los logros establecidos para cada una de las reglas.
- Canjear recompensas. Una vez que los usuarios hayan logrado alcanzar los objetivos, la aplicación permite a los usuarios canjear sus logros por recompensas o regalos.
- Visualización de resultados. BPMS-Game permite a los usuarios y al administrador una visualización gráfica de su progreso, así como las reglas superadas y sus recompensas.

The screenshot shows a web form titled "NUEVA REGLA" for defining a rule. It includes the following elements:

- Definición de la Regla:**
 - Codigo:** R-010
 - Nombre:** 2 Tareas Completadas
 - Descripcion:** El usuario deberá tener al menos dos tareas completadas. A checkmark icon and the text "Solo la primera vez" are visible to the right.
- Expresion:** A calculator interface with a dropdown menu showing "nTareasCompletadas". Below it are buttons for mathematical operators (+, -, /, *, ^) and a numeric keypad (0-9). A red button labeled "INSERTAR INDICADOR" is also present. The selected expression is "nTareasCompletadas >= 2". A red "LIMPIAR" button is at the bottom left.
- Recompensa Asociada:** Radio buttons for "Puntos", "Niveles", and "Insignia" (which is selected). Below, a dropdown menu shows "Insignia Trofeo Oro". A green "Guardar" button is at the bottom right.

Figura 3.4. Formulario de definición de reglas en BPMS-Game

Además de las funcionalidades ya mencionadas, la herramienta BPMS-Game permite la creación de insignias, como recompensas que reciben los jugadores al superar las reglas. Y la opción de que los jugadores puedan compartir sus avances e

información general del juego en las redes sociales más de moda (Facebook, Twitter y Google+).

En la Figura 3.5 aparece la interfaz de la herramienta BPMS-Game para los usuarios que asumen el rol de jugador.

The screenshot displays the user interface for a player in the BPMS-Game. The interface is divided into several sections:

- Profile:** A profile picture of Mike Giani, his name, and contact information (email: mike@gworknet.com, phone: 383-82-72-18, address: Descubrimientos, 45, Toledo).
- Game Information:** Shows 'Mis Puntos: 390' and 'Mi nivel: 3'. A progress indicator shows 'Porcentaje de Nivel Completado' at 78%.
- Achievements (Mis Insignias):** Lists two achievements: 'Insignia Trofeo Plata' (11/09/2015 08:36) and 'Insignia Primera Tarea Completada' (08/09/2015 07:39).
- Recent Achievements (Logros Recientes):** A table listing recent achievements for various users.
- Rankings:** Two tables showing 'Ranking General' and 'Ranking Personal'.

Logro	Usuario	Recompensa	Fecha
Alcanzar Nivel 3	Mike Giani	Insignia Trofeo Plata	2015-09-11
Alcanzar Nivel 3	Anne Martí	Insignia Trofeo Plata	2015-09-11
Usuario Coste Bajo	Carol Perez	Insignia Trabajador Gasta pocos Recursos	2015-09-11
7 Tareas Completadas	Mike Giani	150 Puntos	2015-09-11
Usuario Coste Bajo	Mary Johnson	Insignia Trabajador Gasta pocos Recursos	2015-09-11

Posición	Usuario	Nivel	Puntos
1	Anne	3	410
2	Mike	3	390
3	Wil	2	120
4	Peter	1	20
5	Mary	1	20

Posición	Usuario	Nivel	Puntos
1	Anne	3	410
2	Mike	3	390
3	Wil	2	120
4	Peter	1	20
5	Mary	1	20

Figura 3.5. Interfaz jugador BPMS-Game

En la Figura 3.6 se muestra el diagrama UML que ilustra el modelo de dominio de la aplicación BPMS-Game extraído de las funcionalidades de dicha herramienta. Como podemos observar en el modelo de dominio, la herramienta está compuesta principalmente por los procesos que han sido extraídos de los *logs* de ejecución de un BPMS, los usuarios que participan, ya sea como usuarios o administradores, y las

reglas que son creadas por el administrador y que sirven para evaluar y gamificar los procesos que anteriormente han sido procesados. Cada vez que un jugador va superando alguna de las reglas definidas alcanza una recompensa en forma de puntos, nivel o insignias, que son las mecánicas que han sido empleadas para crear un entorno gamificado en la herramienta BPMS-Game.

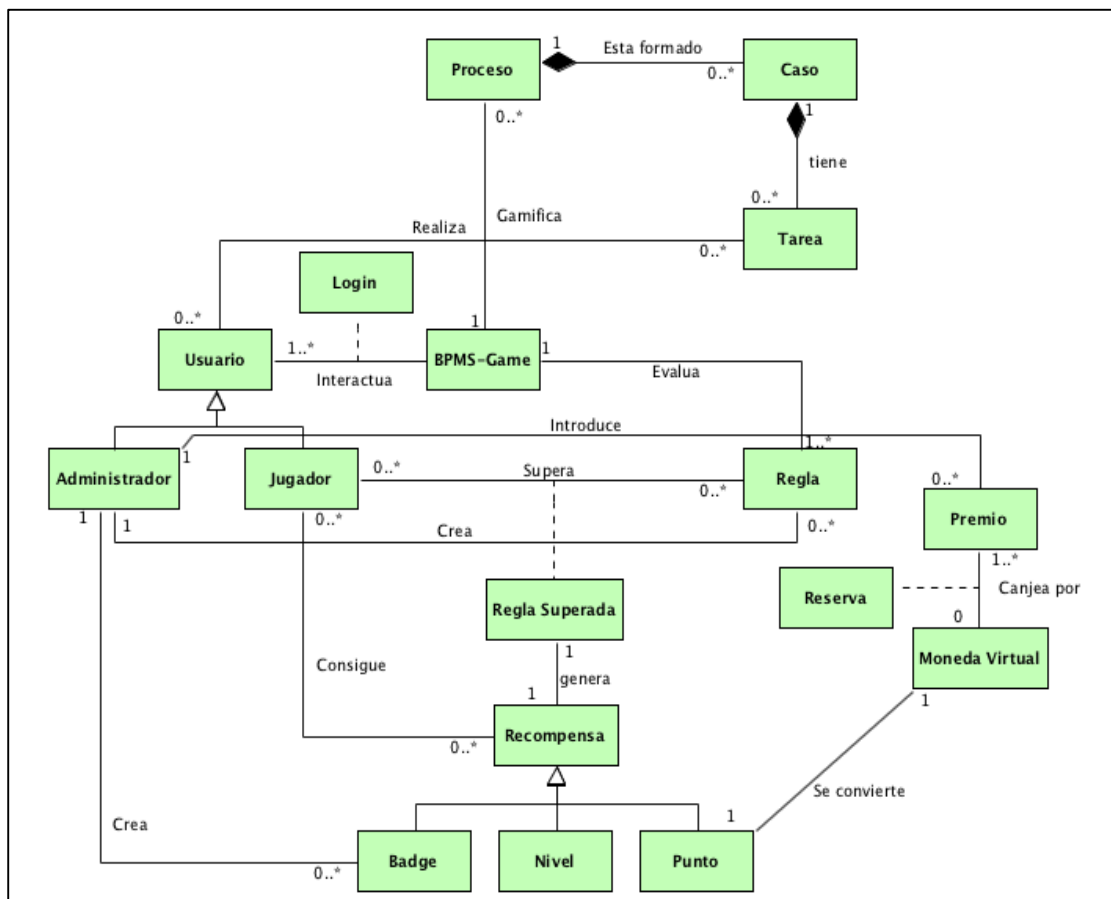


Figura 3.6. Modelo de dominio de la herramienta BPMS-Game [12]

Una de las tareas del presente TFM es realizar una extensión de la herramienta BPMS-Game, de manera que sea capaz de extraer la información de las medidas sostenibles de cada una de las instancias de los procesos, para posteriormente realizar una gamificación teniendo en cuenta estas a medidas y así tratar de concienciar a los usuarios de las herramientas BPMS de la importancia de hacer su trabajo de un modo respetuoso con el medioambiente.

4. MÉTODO DE TRABAJO

En este capítulo se exponen los métodos de trabajo empleados para el desarrollo del presente TFM. Debido a la naturaleza de este trabajo, requiere sintetizar la literatura para, posteriormente, desarrollar una propuesta de medidas sobre sostenibilidad que se incluirán en los archivos de *logs* así como la extensión de la herramienta BPMS-Game, se ha optado por la metodología *Design Science Research Methodology (DSRM)*, que fue desarrollada por Peffers, et al. en el año 2008 [36].

4.1. Design Science Research Methodology (DSRM)

De acuerdo con Peffers et al., DSRM se define como una actividad de investigación con el objetivo de construir nuevos artefactos para así poder resolver problemas existentes o lograr determinadas mejoras, [36]. En la Figura 4.1 se muestra el proceso seguido al emplear la metodología DSRM.

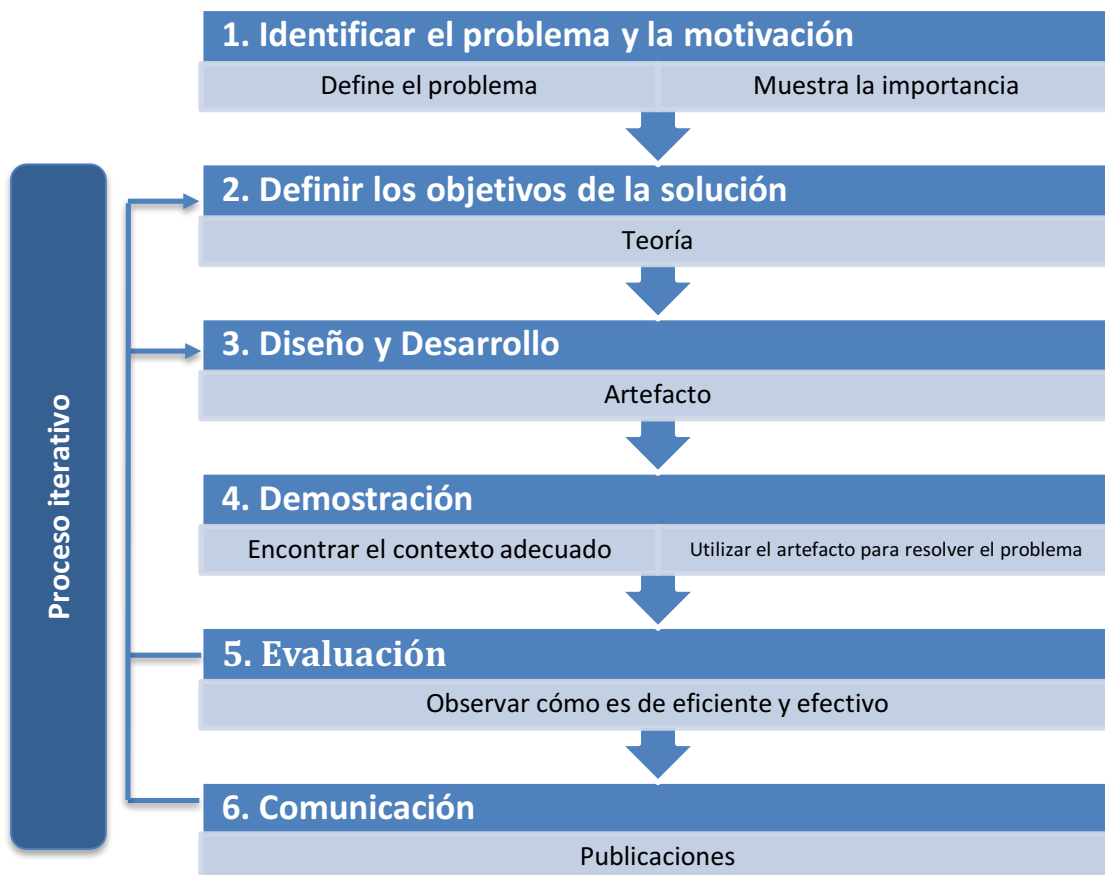


Figura 4.1. Proceso DSRM

La metodología DSRM se compone de seis fases [36, 37], como se muestra en la Figura 4.1:

- 1. Identificación del problema y la motivación.** En esta etapa se define el problema sobre el cual se desarrollará la investigación y se justifica el valor de una solución, de manera que se motive al investigador y ayude a entender los distintos razonamientos asociados al problema. Es necesario realizar una profunda labor de investigación que permita conocer la situación actual del problema.
Para adquirir los conocimientos necesarios para dar por cumplida esta etapa se ha realizado una revisión sistemática de la literatura, método que se expone en la sección 4.2.
- 2. Definición de los objetivos de la solución.** Se pretende definir los objetivos a cumplir a partir de la definición del problema extraída en la fase anterior, de manera que se obtenga una teoría de los objetivos. Los objetivos pueden ser cuantitativos o cualitativos.
- 3. Diseño y Desarrollo.** En esta tercera fase se crean los artefactos, incluyendo lo necesario para su desarrollo, como pueden ser modelos o diagramas. Cuando finaliza esta etapa se obtiene un artefacto con las funcionalidades deseadas.
- 4. Demostración.** Se trata de demostrar el uso de los artefactos para resolver el problema definido. Consiste en usar los artefactos creados en un caso de estudio o prueba.
- 5. Evaluación.** En la fase de evaluación se realiza la observación y medición de que los artefactos apoyan la solución al problema. Esta actividad consiste en la comparación de los objetivos definidos en la fase 2 con los resultados observados del uso de los artefactos en el caso de estudio llevado a cabo en la fase 4. Al final de esta actividad, los investigadores deben decidir si se debe iterar de nuevo a la fase 3 con el fin de mejorar alguno de los artefactos o continuar con la fase de comunicación.

6. Comunicación. Finalmente se ha de comunicar el problema y su importancia, los artefactos desarrollados para dar solución a dicho problema, su utilidad y novedad, y su eficacia para los investigadores y otro público relevante. En la comunicación podemos distinguir dos tipos de publicaciones: las publicaciones de investigación académica, con el fin de que otros investigadores puedan conocer la situación sobre el problema investigado y así seguir trabajando en él, o las publicaciones profesionales, empleadas en un ámbito laboral.

Tal y como se menciona anteriormente, para identificar los problemas y conocer la situación actual de dichos problemas en la fase 1 se lleva a cabo una revisión sistemática de la literatura (SLR). A continuación, se detalla el proceso seguido para realizar una SLR.

4.2. Revisión sistemática de la literatura

Una revisión sistemática de la literatura o SLR (*Systematic Literature Review*, en inglés) permite identificar, evaluar e interpretar toda la información relevante disponible sobre un tema, con el fin de responder a unas preguntas de investigación específicas que han sido definidas por los investigadores [38, 39].

El objetivo de realizar una SLR es obtener un resumen de las evidencias existentes sobre el tema elegido para poder identificar la falta de información o lagunas en la investigación actual, y poder sugerir nuevas áreas de investigación o proporcionar un marco desde un nuevo posicionamiento.

Para que una SLR sea correcta, debe planificarse formalmente y ejecutarse de manera sistemática y metódica, pudiendo ser replicable en cualquier momento y de forma independiente [40].

Las SLRs permiten que los resultados sean menos sesgados y sean consistentes, además de la posibilidad en algunos casos de combinar los resultados con otras técnicas analíticas. También hay que tener en cuenta que la realización de las SLR requieren demasiado tiempo y esfuerzo, siendo necesario alcanzar un equilibrio entre el esfuerzo destinado y el rigor metodológico [39, 40].

Antes de continuar, es importante diferenciar una revisión sistemática de la literatura (SLR) de un mapeo sistemático de la literatura (SMS). El objetivo de los SMS es obtener una visión global sobre un tema, sin la necesidad de tener un enfoque empírico cómo si sucede en las SLR, siendo el alcance más amplio. Las SMS buscan estructurar la información disponible mientras que las SLR buscan sintetizar las evidencias encontradas en función su calidad. Otra de las grandes diferencias entre ellas es que un SMS suele consumir menor tiempo que las SLRs [41-43].

Para el presente TFM, se empleará la técnica de SLR para sintetizar las evidencias empíricas existentes sobre las diferentes entidades y medidas que permiten evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio, y así poder obtener los conocimientos sobre la investigación actual y ver cómo podemos emplear la gamificación con el objetivo de promover la sostenibilidad en los PN.

En el siguiente apartado se expone el proceso a seguir para realizar una SLR.

4.2.1. Proceso para realizar una SLR

El proceso para llevar a cabo una SLR consta de tres actividades o fases principales, según Kitchenham y Charters (2007) [39]. Las tres actividades a seguir son: Planificación de la revisión, Realización de la revisión y Reportar los resultados obtenidos. Cada una de estas etapas está compuesta por una serie de tareas secuenciales que hay que realizar. En la Figura 4.2. se resumen las actividades necesarias para realizar una SLR.

Aunque las tareas aparezcan de forma secuencial, en alguno de los casos, es necesario realizar varias iteraciones, sobre todo para la refinación del protocolo.

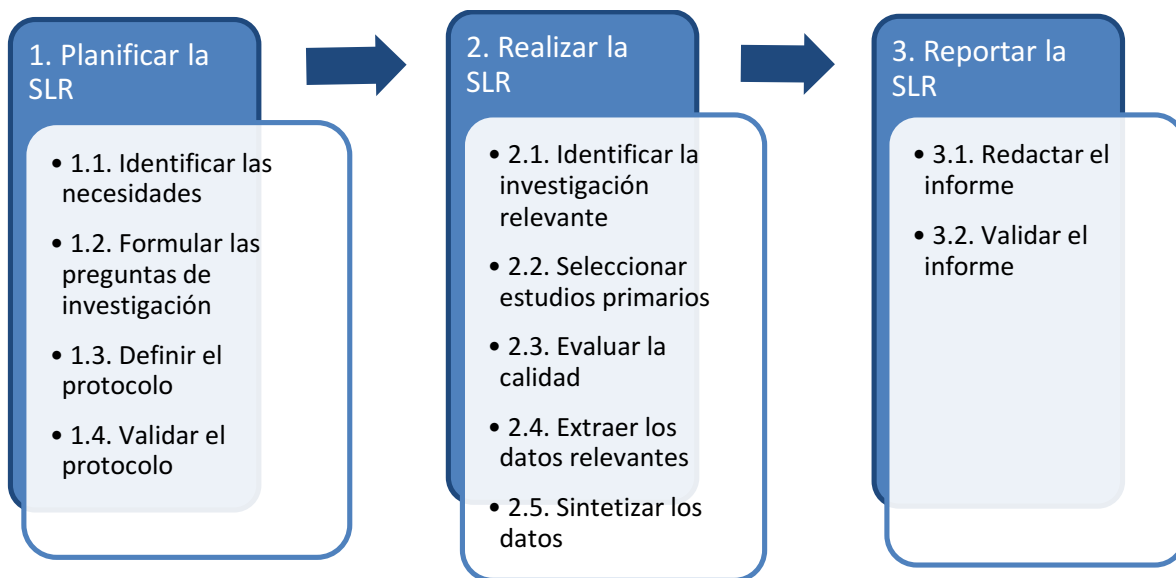


Figura 4.2. Proceso para realizar una SLR. Adaptado de [40]

I. Planificar la SLR

Antes de realizar la revisión es necesario planificar cómo se va a llevar a cabo, es decir, hay que fijar los objetivos y especificar los aspectos a tener en cuenta cuando realicemos la SLR. Toda esta información se detalla en lo que se denomina el **protocolo de la revisión**. Tal y como se puede observar en la Figura 4.2. esta actividad se divide en otras cuatro tareas.

A. Identificar la necesidad de la revisión. En primer lugar, es necesario cerciorarse que realmente se necesita realizar una SLR sobre el tema a tratar. Antes de comenzar con la revisión es importante hacer una búsqueda para ver si ya hay revisiones sobre el mismo tema, y en caso afirmativo conviene analizarlas detalladamente para determinar si es necesario realizar una nueva SLR. En el caso de que decidamos realizar una nueva SLR, las anteriores nos pueden ayudar a definir nuestro propio protocolo.

B. Formular las preguntas de investigación. Las preguntas de investigación son las encargadas de dirigir el proceso de la revisión, por ello es una de las tareas más importantes de llevar a cabo.

C. Definir el protocolo de la revisión. Como se dijo anteriormente, el protocolo de la revisión es un documento formal donde se expone toda la información relevante acerca de la ejecución de la SLR. Definir el protocolo es una de las tareas más complejas y debe describir los siguientes elementos:

- **Antecedentes:** es la justificación de la necesidad de realizar la revisión de los estudios existentes.
- **Preguntas de investigación:** se incluyen las preguntas que han sido definidas en la tarea anterior.
- **Estrategia de búsqueda:** se define la cadena de búsqueda, el periodo de tiempo relevante para nuestra investigación y decidir las fuentes en las que se buscarán los estudios. Para definir la cadena de búsqueda es aconsejable seguir los pasos definidos por Brereton et al. (2007) [44]:
 - Definir los términos principales.
 - Identificar términos alternativos o sinónimos.
 - Usar el operador lógico OR para incluir las palabras alternativas y el operador lógico AND para enlazar los términos principales.

En los casos que se encuentren muy pocos artículos relevantes es necesario buscar en la lista de referencias de los estudios encontrados, técnica conocida como “bola de nieve” (*snowballing*, en inglés) [45].

- **Criterios y procedimiento de selección de artículos:** los criterios de exclusión e inclusión se definen con el objetivo de refinar la lista de los artículos seleccionados, de tal forma que por ejemplo se eliminen los artículos no completos o duplicados.
- **Lista de comprobación de la calidad:** con el objetivo de asegurar una calidad mínima de los artículos seleccionados.
- **Estrategia para la extracción de los datos:** plantillas que permiten extraer toda la información relevante de cada uno de los artículos que responda a las preguntas de investigación anteriormente definidas.

- **Síntesis de los datos extraídos:** los resultados extraídos de los estudios para dar respuesta a las preguntas de investigación. Engloba sintetizar, integrar, combinar y comparar los resultados.
- También se suele añadir otra información como la **estrategia** a seguir **para divulgar** los resultados obtenidos y el **calendario del proyecto**.

D. Validar el protocolo de la revisión. Es una de las tareas críticas a realizar, por lo que es conveniente que sea revisado por expertos.

II. Realizar la SLR

Cuando el protocolo ha sido revisado y aceptado se puede comenzar con la revisión sistemática. Para ello hay que cumplimentar las siguientes tareas:

A. Identificar la investigación relevante. Se debe encontrar los artículos que respondan a las preguntas de investigación siguiendo la estrategia de búsqueda. Se deben detectar los artículos duplicados o incompletos.

B. Seleccionar los estudios primarios. Siguiendo los criterios establecidos se deben seleccionar los artículos que los cumplan.

C. Evaluar la calidad de los estudios primarios. Evaluar los artículos aplicando la lista de comprobación de calidad definida en el protocolo. En algunos casos se excluirán los artículos que no superen un determinado umbral.

D. Extraer los datos relevantes. Rellenar las plantillas de extracción definidas en el protocolo con la información de los artículos que responda a las preguntas de investigación establecidas.

E. Sintetizar los datos extraídos. Cuando se haya terminado de extraer los datos es necesario sintetizarlos para dar respuesta a las preguntas de investigación. Se recomienda el uso de tablas y gráficos para representar los resultados.

III. Reportar la SLR

Una vez terminada la revisión se realizará un informe que refleje el proceso y los resultados obtenidos. Una vez realizado el informe es importante que sea revisado por expertos que puedan validarlo.

5. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del proyecto, aplicando las metodologías descritas en el capítulo anterior. Esta sección se ha estructurado en función de las diferentes fases que proponen la metodología DSRM, de manera que se muestran los resultados que se han obtenido después de completar cada una de las siete fases.

Antes de comenzar con los resultados de cada una de las fases, también se muestra una fase 0 que sirve para identificar las necesidades del proyecto, así como realizar una estimación del plan que se debe seguir para completar todas las fases de la metodología empleada.

5.1. Fase 0. Alcance y planificación del proyecto

En esta fase pre-inicial se realiza una descripción del alcance final del proyecto y se realiza una planificación temporal del mismo, teniendo en cuenta todas las tareas que es necesario realizar.

Alcance del proyecto

En esta sección se definen las contribuciones que se desarrollaran como resultado de cada una de las fases del TFM. Las contribuciones obtenidas están muy relacionadas entre ellas, y son las siguientes:

- En primer lugar, se aborda el **estudio sobre las diferentes medidas de sostenibilidad** que se pueden aplicar a los procesos de negocio. Para descubrir dichas métricas se realiza una revisión sistemática de la literatura sobre la sostenibilidad y los procesos de negocio. Una vez finalizado este proceso se ha de obtener **una lista de medidas** que servirán como base para las siguientes fases a desarrollar.
- Una vez extraído el listado de medidas sostenibles que pueden ser aplicables a los procesos de negocio se llevará a cabo la **extensión de los logs de ejecución** con formato estándar XES, con el fin de introducir dichas medidas y poder emplearlas en la posterior gamificación.

- Por último, se realizará las **modificaciones necesarias a la herramienta BPMS-Game**, de modo que pueda procesar la nueva información añadida en los *logs* y permita realizar **la gamificación teniendo en cuenta las nuevas medidas de sostenibilidad** descubiertas.

Plan del proyecto

Una vez definido la metodología que se va a emplear y los resultados que se deben obtener del desarrollo de cada una de las fases, se va a realizar una estimación temporal de la planificación a seguir para la realización del TFM.

Antes de realizar la estimación, es necesario establecer que tareas se van a llevar a cabo en cada una de las fases de la metodología propuesta, tal y como se muestra a continuación:

- En la fase 1, **identificar el problema y la motivación**, se realizará una **revisión sistemática de la literatura**, ya que es necesario realizar una profunda labor de investigación que nos permita conocer la situación actual del problema.
- La siguiente fase (fase 2) se pretende **definir los objetivos** una vez conocemos la situación actual, y **extraer una lista de medidas**, como resultado de la SLR desarrollada en la fase anterior. Una vez se han concretado dichas medidas se trabajará en la **extensión del log de ejecución** para que de soporte a la sostenibilidad.
- En la fase de **diseño y desarrollo** (fase 3) se llevará a cabo las **modificaciones oportunas en la herramienta BPMS-Game**, de manera que, de soporte a la investigación realizada, es decir, incluya medidas de sostenibilidad para su posterior gamificación.
- En la fase 4 y 5, **demonstración y evaluación**, se desarrollará **un caso de estudio** de tal manera que se demuestre el uso de las contribuciones obtenidas y se pueda evaluar si se han satisfecho los objetivos propuestos.
- Por último, en la fase 6 se ha de realizar la **comunicación** de los resultados obtenidos en la investigación, a través de la **presente memoria** y posteriores **publicaciones** que podrán realizarse.

En la Tabla 5.1 se puede observar las tareas que se van a desarrollar en cada una de las fases y su duración estimada en horas.

Fases	Tareas		Estimación total (en horas)
	Definición	Estimación (en horas)	
Fase 1. Identificar el problema y la motivación	1.1 Revisión sistemática de la literatura	160 horas	160 horas
Fase 2. Definición de objetivos	2.1 Definir lista de medidas	100 horas	140 horas
	2.2 Extensión <i>logs</i> de ejecución	40 horas	
Fase 3. Diseño y desarrollo	3.1 Modificación herramienta BPMS-Game	65 horas	65 horas
Fase 4 y 5. Demostración y evaluación	4.1 Caso de estudio	35 horas	35 horas
Fase 6. Comunicación	6.1 Documentación memoria TFM	50 horas	50 horas

Tabla 5.1 Plan de proyecto estimado

Las tareas, y sus subtareas, en caso de que las haya, se detallarán en cada uno de las secciones correspondientes a cada una de las fases descritas.

En el Anexo A se incluye el diagrama de Gantt y un seguimiento temporal de la ejecución del proyecto.

Gestión de recursos

En esta sección se detallan los recursos, incluyendo los recursos humanos, que se emplean para el desarrollo del presente TFG.

Como recursos humanos destacar al autor del TFM, encargado del desarrollo y planificación del trabajo, y al director que ha sido el encargado de guiar al autor durante la duración del presente TFM.

Los recursos técnicos empleados para el desarrollo del proyecto ha sido un equipo portátil con las siguientes características:

- MacBook Pro 13 pulgadas con OS X Yosemite.
- Procesador: 2,9 GHz Intel Core i7.
- Memoria 8 GB 1600 MHz DDR3.
- Monitor Samsung SyncMaster 2243.

Gestión de costes

Para estimar el coste que conlleva el desarrollo del presente trabajo se ha tenido en únicamente en cuenta el coste del equipo de desarrollo e investigación, es decir el propio autor y el hardware empleado. El software no se ha tenido en cuenta debido a que todas las herramientas han sido utilizadas bajo licencia académica. En la Tabla 5.2 se muestra un resumen de los costes asociados.

Gastos		Dinero
Equipo de desarrollo (20€/hora)		9.000€
Hardware	Equipo portátil	990€
	Monitor	169€
		10.159€

Tabla 5.2 Gestión de costes

Tal y como se puede observar en la tabla anterior el coste estimado para el proyecto completo es de 10.159€. Este presupuesto no incluye costes de gastos comunes.

5.2. Fase 1. Identificar el problema y la motivación

En la fase 1 se trata de definir el problema que ha motivado el desarrollo de este trabajo. Tal y como se expuso en el capítulo 2 el objetivo del trabajo es desarrollar un entorno que promueva la sostenibilidad en los procesos de negocio mediante el uso de la gamificación. El problema encontrado es que no existen una serie de medidas que nos permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio, por lo que ha sido necesario realizar un estudio de la literatura existente para poder determinar cuáles de las medidas de sostenibilidad encontradas pueden adaptarse, y ser útiles a la hora de evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio. Este estudio se ha llevado a cabo a través de una revisión sistemática, la cual ha permitido definir claramente el problema y extraer las medidas sostenibles que pueden ser útiles para su posterior uso.

Una vez se ha identificado la necesidad de la revisión, y el tema sobre el cual va a tratar, se ha definido el protocolo que establece un procedimiento controlado con el cual llevar a cabo la revisión.

5.2.1 Protocolo de la SLR

El protocolo incluye los objetivos, las cuestiones de investigación, la estrategia de búsqueda y selección (criterios de inclusión/exclusión), el procedimiento de selección de estudios a llevar a cabo, la estrategia de extracción de datos, y síntesis de datos.

El objetivo de la revisión sistemática es:

“identificar las entidades, atributos y medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio”

Para ello se deberá analizar las propuestas existentes que muestran una serie de características que sirvan para evaluar la sostenibilidad de los procesos.

5.2.1.1 Preguntas de investigación

Una vez se ha definido el objetivo, la pregunta general de investigación a abordar en la revisión sistemática fue:

RQ. ¿Qué medidas pueden ser útiles para evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio?

Con el fin de examinar esta cuestión se establecieron una serie de preguntas específicas. La Tabla 5.3 contiene estas preguntas, y describe la motivación de cada una de ellas.

Preguntas de investigación	Principal motivación
RQ1. ¿Qué entidades identificadas son objeto de medir la sostenibilidad?	Para determinar qué tipo de entidades de un proceso son objetos de medición de la sostenibilidad.
RQ2. ¿Qué atributos de las entidades permiten evaluar las características de sostenibilidad?	Para determinar los atributos de las entidades sobre los que se mide la sostenibilidad en los procesos de negocio.
RQ3. ¿Qué medidas y de qué tipo se encuentran para evaluar los atributos?	Para determinar qué métricas/medidas concretas son empleadas para evaluar los atributos de las entidades objeto de medición de la sostenibilidad.
RQ4. ¿Qué métodos de investigación se han utilizado para determinar los aspectos de sostenibilidad?	Para determinar si la investigación (medidas propuestas) ha sido validada y descubrir qué método de investigación se utilizó para validarlo.

Tabla 5.3 Preguntas de investigación

A partir de las preguntas anteriores se diseñó la estrategia de búsqueda, para ello se seleccionaron las palabras claves que orientaron las búsquedas para responder a las preguntas de investigación. Las palabras elegidas fueron (en inglés): *Evaluate, Measure, Assess, Sustainability, Green y Business Process*.

5.2.1.2 Cadena de búsqueda

Una vez establecido el objetivo y las preguntas de investigación, fue necesario establecer una estrategia para definir la cadena de búsqueda que se utilizó para encontrar los trabajos relevantes publicados sobre la temática abordada.

En primer lugar, se realizó una búsqueda general con alguna de las palabras claves identificadas anteriormente con el fin de obtener una serie de trabajos. Estos trabajos se utilizaron para extraer los términos principales, así como algunos sinónimos de dichos términos, que se han usado posteriormente para definir la cadena de búsqueda.

Para establecer la cadena de búsqueda se ha seguido el proceso descrito por Brereton et al. en el 2007 [44]. Este proceso sigue los siguientes pasos:

1. Se descompone el problema de investigación en elementos individuales para obtener los principales términos de búsqueda.
2. Identificar sinónimos para los términos principales encontrados.
3. Comprobar que las palabras claves definidas se encuentran en cualquiera de los trabajos relevantes que ya tenemos.
4. Cuando la base de datos lo permita, utilizar el valor booleano OR para incorporar los sinónimos encontrados.
5. Cuando la base de datos lo permita, utilizar el valor booleano AND para unir los términos principales encontrados.

Al realizar este proceso, los términos de búsqueda y términos alternativos se definieron como se muestra en la Tabla 5.4.

Términos principales	Términos alternativo
Measure	(measure* OR evaluat* OR monitor* OR assess*)
Sustainability	(sustainab* OR green OR endur* OR beara*)
Business Process	-

Tabla 5.4 Términos de búsqueda

Después de llevar a cabo el proceso arriba mencionado para combinar la lista de palabras clave y términos alternativos, que aparecen en la Tabla 5.4, a través de los conectores lógicos "AND" y "OR", la cadena de búsqueda resultante es:

(assess* OR measur* OR monitor* OR evaluat*) AND (sustainab* OR green OR endur* OR beara*) AND ("business process")

5.2.1.3 Estrategia de búsqueda

La búsqueda se realizó en las bibliotecas digitales que contienen una amplia variedad de publicaciones de informática. En concreto se emplearon la base de datos *Scopus*, que contiene los resultados de *Cambridge University Press*, *Elsevier*, *Springer/Kluwer*, *Karger Medical* y *Scientific Publishers* y *Nature Publishing Group* (NPG), y la biblioteca digital de *IEEE Xplore*. La Tabla 5.5 se muestra un resumen sobre la estrategia de búsqueda empleada.

Base de datos	Scopus IEEE Digital Library
Estudios	Artículos publicados en revistas Capítulos publicados en libros Artículos presentados en conferencias
Búsqueda aplicada por	Título Abstract Palabras claves
Lenguaje	Documentos escritos en inglés y castellano
Periodo de publicación	Hasta Abril del 2016 (incluido)

Tabla 5.5 Resumen estrategia de búsqueda

5.2.1.4 Estrategia de selección de estudios

Los criterios de selección se emplean para determinar qué estudios deben ser incluidos o excluidos en la revisión sistemática. La Tabla 5.6 contiene los criterios que han sido considerados para incluir o excluir los estudios encontrados.

<p>Criterios de inclusión</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos en revistas, conferencias o talleres, que describan medidas o atributos para medir la sostenibilidad. • Estén aplicados a los procesos de negocio. • Escritos en inglés o castellano • Hayan sido publicados antes de abril 2016 (incluido).
<p>Criterios de exclusión</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos que no estén relacionados con la sostenibilidad. • Artículos que no hagan referencia a los procesos de negocio. • Trabajos duplicados. • Trabajos incompletos (sólo abstract) o presentaciones. • Artículos que se hayan considerado inicialmente pero después se haya encontrado una versión actualizada más completa.

Tabla 5.6 Criterios de inclusión y exclusión

Para realizar la extracción de la información relevante de los trabajos encontrados se ha empleado la plantilla que aparece en la Tabla 5.7.

Información	
Documento Id.	
Título	
Autor(es)	
Año de publicación	
Tipo de publicación	
Lugar de publicación	
Resumen	
Extracción	
Entidades y atributos identificados	
Medidas empleadas	
Otros comentarios importantes	
Validación	
Otros	
Caso de Estudio	
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	

Tabla 5.7 Plantilla de extracción SLR

5.2.1.5 Estudio de la calidad

Con la finalidad de analizar la relevancia de los trabajos seleccionados se llevó a cabo la evaluación de la calidad, para lo que se estableció un cuestionario con algunas preguntas siguiendo las directrices definidas en Kitchenham y Charters [39].

El cuestionario (Tabla 5.8) está compuesto por cuatro preguntas subjetivas y cada una se evalúa de acuerdo a una escala de tres valores: *De acuerdo* (1,0 puntos), *En desacuerdo* (0 punto) o *Parcialmente de acuerdo* (0,5 puntos).

Preguntas subjetivas	
EQ1.	¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio?
EQ2.	¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio?
EQ3.	¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos?
EQ4.	¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones?

Tabla 5.8 Preguntas subjetivas para evaluar la calidad de los trabajos

El resultado de la evaluación es un valor que permitirá identificar la calidad de las investigaciones realizadas y por tanto la relevancia de sus resultados, pero no se utilizará para excluir artículos en esta revisión sistemática.

5.2.2 Ejecución de la SLR

En esta sección se presentan los resultados de la ejecución de la revisión sistemática de las medidas de sostenibilidad de los procesos de negocio, con las búsquedas realizadas en las bases de datos de *Scopus* y *IEEE Digital Library*. La Tabla 5.9 muestra la síntesis de los estudios que han sido encontrados en cada una de las fuentes.

Base de Datos	Estudios encontrados	Estudios descartados		Artículos para revisar completos
		Duplicados	Revisión título y abstract	
SCOPUS	355	(11)	205	139
IEEE Digital Library	56	(31)	9	16
Totales	411	(42)	(214)	155

Tabla 5.9 Número de estudios encontrados por fuente

Como se muestra en la tabla anterior, aplicando la cadena de búsqueda para las fuentes seleccionadas, se encontraron 411 trabajos. Se realizó un primer análisis para descartar los estudios que se encontraban duplicados en las distintas fuentes o que posteriormente se habían vuelto a publicar actualizados, descartando así 42 artículos. Posteriormente se realizó una revisión del título y resumen de cada uno de ellos, teniendo en cuenta los criterios de exclusión e inclusión, reduciendo con esto a 155 la cantidad de artículos seleccionados. Posteriormente se realizó una tercera vuelta seleccionando los trabajos que respondían a las preguntas de investigación propuestas, quedando únicamente 9 artículos, considerados como estudios primarios. Finalmente se aplicó la técnica de *snowballing*, encontrando de esta manera 3 artículos más, dando lugar a un total de 12 estudios primarios. Todo este proceso se muestra en la Figura 5.1 de forma resumida.

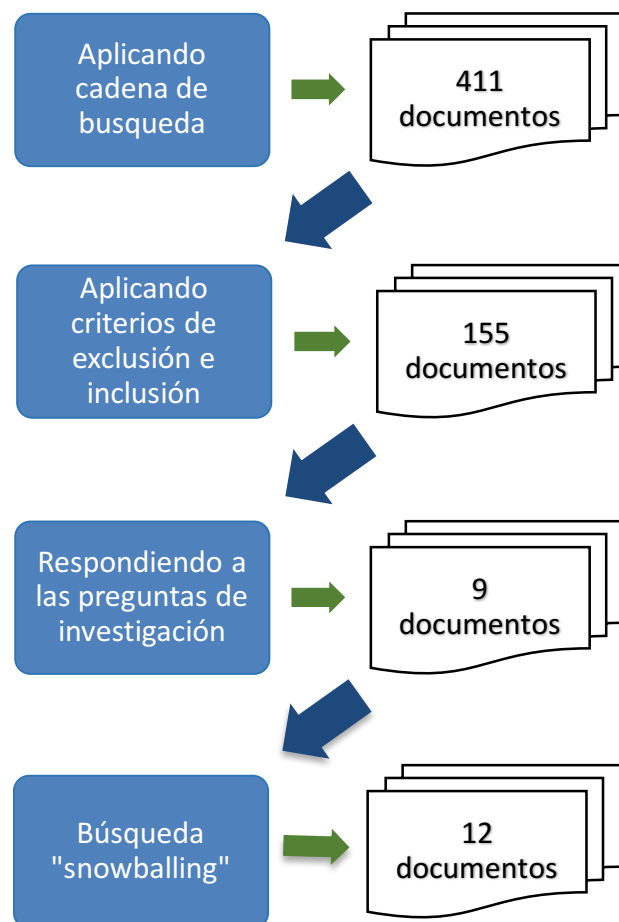


Figura 5.1 Proceso de selección de trabajos

En la Tabla 5.10 se muestra la lista de trabajos primarios seleccionados. En el Anexo C se incluyen las plantillas de extracción de cada uno de estos estudios.

Id	Referencia	Título	Tipo	Publicación
SLR1	Thomas et al. (2015)	Assessing the role of IT-enabled process virtualization on green IT adoption	Journal	Information Systems Frontiers
SLR2	Betz y Caporale (2015)	Sustainable software system engineering	Conferencia	4th IEEE International Conference on Big Data and Cloud Computing
SLR3	Aleksic (2014)	Green ICT for sustainability: A holistic approach	Conferencia	37th International Convention on Information and Communication Technology
SLR4	Loeser (2013)	Green it and green is: Definition of constructs and overview of current practices	Conferencia	19th Americas Conference on Information Systems
SLR5	Recker y Seidel (2012)	Implementing green business processes: The importance of functional affordances of information systems	Conferencia	23rd Australasian Conference on Information Systems
SLR6	Opitz et al. (2012)	Kick-starting green business process management - suitable modeling languages and key processes for green performance measurement	Conferencia	18th Americas Conference on Information Systems 2012
SLR7	Recker et al. (2012)	Modeling and analyzing the carbon footprint of business processes	Journal	Green Business Process Management
SLR8	Cappiello et al. (2011)	Business process co-design for energy-aware adaptation	Conferencia	IEEE 7th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing
SLR9	Hoesch-Klohe, et al. (2010)	Towards green business process management	Conferencia	IEEE 7th International Conference on Services Computing

Id	Referencia	Título	Tipo	Publicación
SLR10	Reiter et al. (2014)	Towards Green Business Process Management: Concept and Implementation of an Artifact to Reduce the Energy Consumption of Business Processes	Conferencia	Annual Hawaii International Conference on System Sciences
SLR11	Johann et al. (2012)	How to Measure Energy-Efficiency of Software: Metrics and Measurement Results	Conferencia	First International Workshop on Green and Sustainable Software (GREENS)
SLR12	Moraga y Bertoa (2015)	A comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment.	Journal	Springer

Tabla 5.10 Listado de estudios primarios

Tal y como se deduce de los artículos analizados, la sostenibilidad en los sistemas de información es un problema que ha surgido en la última década, situándose el rango de años de publicación de los trabajos seleccionados entre 2010 y 2015. Si ponemos el foco en los procesos de negocio podemos observar que en los últimos años también han aparecido algunos estudios que tratan de encontrar la manera de que estos procesos se ejecuten de forma sostenible y que no tengan un impacto medioambiental negativo, pero el pequeño número de resultados encontrados y la gran disparidad de las métricas y atributos relacionados con la sostenibilidad sugiere que es un área de investigación en expansión. De los 12 artículos primarios seleccionados, tres son publicaciones en revistas o libros, y nueve de ellos en congresos, lo que demuestra igualmente el estado incipiente en el que se encuentra esta línea de investigación.

De los resultados extraídos se deduce la necesidad de proporcionar una mayor madurez en el campo de la sostenibilidad de los procesos de negocio, ya que solo alguna de las publicaciones expone medidas específicas que permitan medir la sostenibilidad de los PNs, por lo que es necesario adaptar medidas de sostenibilidad encontradas para las características de los PNs.

5.2.2.1 Estadísticas de la SLR

En este apartado se muestran una serie de estadísticas que pueden ayudar a comprender los resultados obtenidos de la revisión realizada.

Entre los artículos que se han seleccionado, se encontró una amplia variedad en los tipos de investigación que se empleaban. En términos del tipo de artículos y la validación utilizada, se encontraron que 6 trabajos fueron estudios de casos, 1 era una revisión sistemática (SLR) relacionada con el tema y 5 estaban sin categorizar, debido a que eran propuestas de marcos o modelos, o artículos que exponen la importancia de tener en cuenta la sostenibilidad en los PNs. En la Figura 5.2 se puede ver una distribución de las tipologías encontradas.

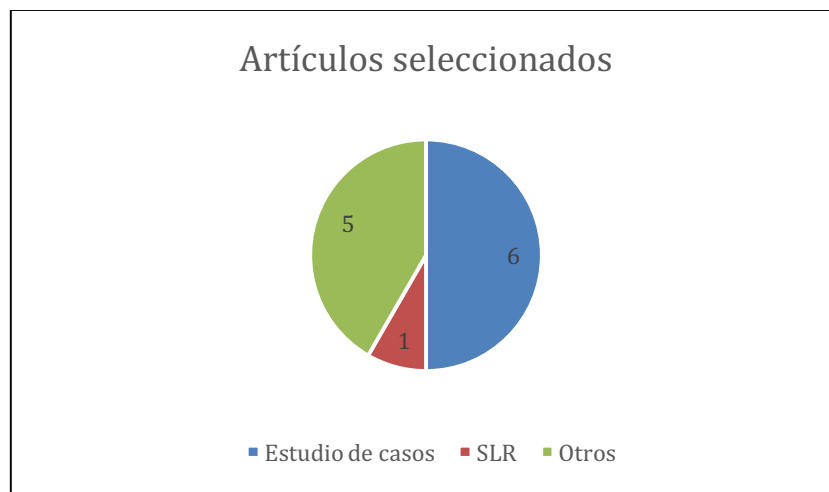


Figura 5.2 Distribución de artículos según su tipología

Tal y como se ha comentado anteriormente, el problema de la sostenibilidad es bastante novedoso por lo cual todos los trabajos primarios seleccionados datan de años recientes. En la Figura 5.3 se muestra un diagrama que representa la cantidad de artículos seleccionados por año.

Como se puede observar en los últimos años ha ido aumentando el número de trabajos relevantes. Destacar que en año 2016 no se han encontrado ningún artículo relevante debido a que únicamente se han tenido en cuenta los artículos publicados hasta abril de ese mismo año.

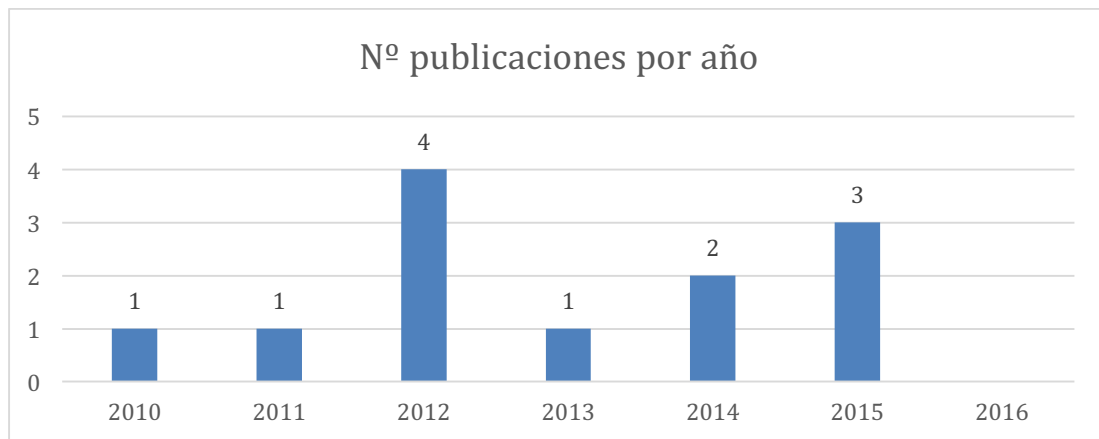


Figura 5.3 Número de artículos seleccionados por año

5.2.2.2 Medidas de sostenibilidad encontradas

Con el objetivo de dar respuesta a la pregunta de investigación que ha originado el desarrollo de esta SLR, se han analizado todas las medidas encontradas, que pueden repercutir en la sostenibilidad, con el fin de poder valorar si pueden ser útiles a la hora de medir la sostenibilidad en los PNs.

En los artículos analizados se han encontrado diversas métricas que pueden ser clasificadas en distintos tipos según los resultados generados. Los diferentes tipos de métricas que se pueden extraer son los siguientes:

- **Energía:** son métricas diseñadas para medir el consumo de energía. Puede ser empleada para medir el uso del hardware, o estimar el consumo de energía a nivel de software, aunque en este último caso es difícil establecer una estimación certera.
- **Emisiones:** están relacionadas con la medición de la contaminación que puede ser generada por la ejecución de los servicios o aplicaciones.
- **Consumo de materiales:** permite medir la cantidad de materiales que han sido empleados para una tarea.
- **Desechos:** este tipo de medidas muestra la cantidad de desechos materiales que se generan al realizar algún trabajo.

A continuación, la Figura 5.4 muestra una clasificación de las medidas encontradas en los estudios primarios.

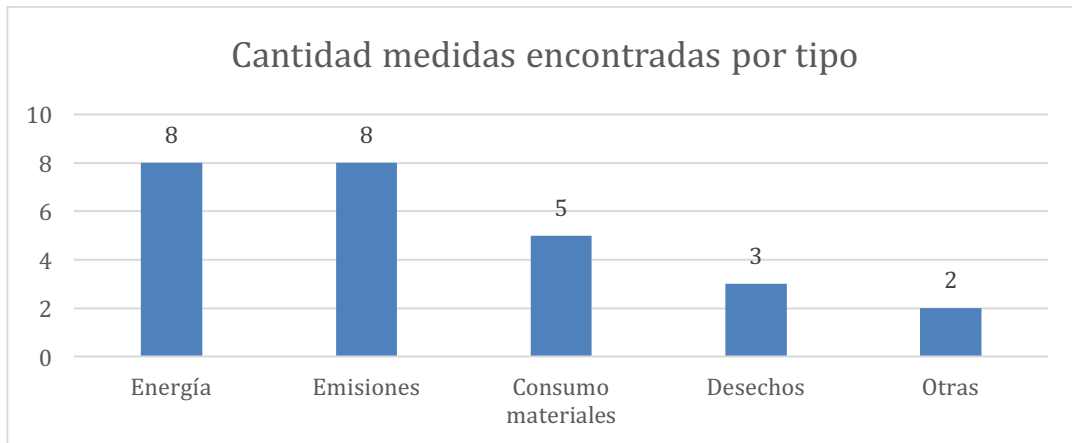


Figura 5.4 Cantidad de medidas encontradas clasificadas por tipo

Como se puede observar en la Figura 5.4, la gran mayoría de medidas encontradas son clasificadas en los tipos de energía y emisiones.

Pero también es importante ver cómo han ido evolucionando el empleo de las medidas en los últimos años. En la Figura 5.5 se puede observar el porcentaje de estudios seleccionados en cada uno de los años y el tipo de medidas con las que se corresponde. Podemos ver que en los últimos años han aumentado los estudios que utilizan la cantidad de emisiones generadas para medir la sostenibilidad. Sin embargo, hace unos años las medidas más empleadas eran las encargadas de medir el consumo de energía.

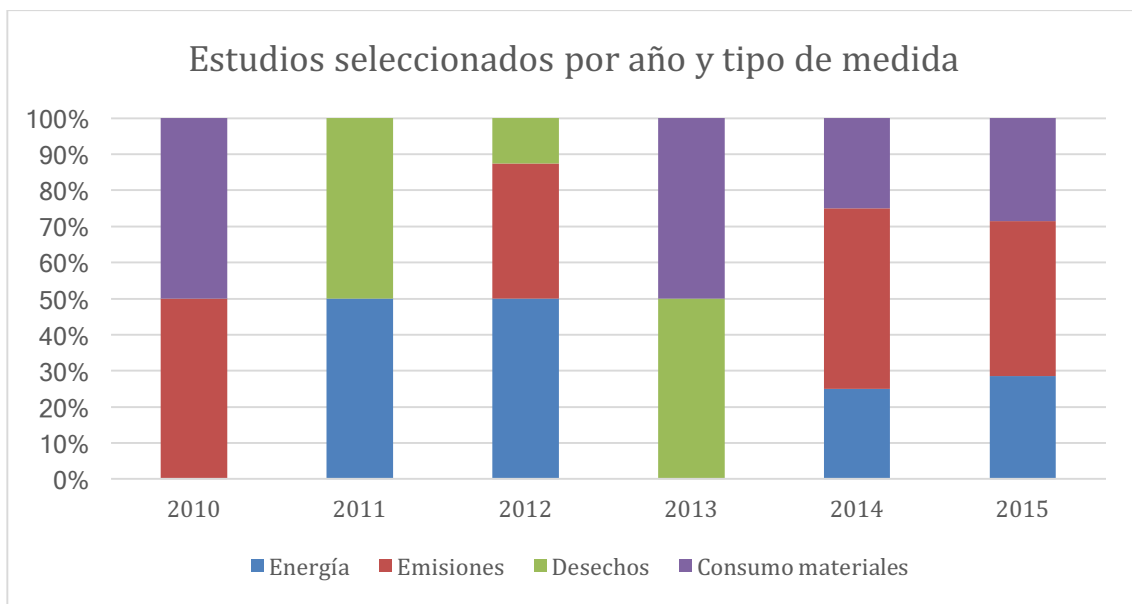


Figura 5.5 Estudios seleccionados por año y tipo de medida

En la Tabla 5.11 se muestra un resumen de los tipos de medidas que se han podido extraer, alguna de las medidas encontradas según su tipo y la cantidad de artículos en los que aparecen dichas medidas.

Tipo de medidas	Nº artículos encontrados	Medidas ejemplo
Energía	8	Vatios (W), Kilovatios por hora (KWh)
Emisiones	8	CO ₂
Consumo materiales	5	Cantidad de tinta o de papel consumido (en Kg)
Desechos	4	Desechos electrónicos o materiales tóxicos generados

Tabla 5.11 Medidas encontradas clasificadas por tipo

En los estudios analizados no se ha encontrado información específica de cómo medir la sostenibilidad en los procesos de negocio, pero sí se ha podido extraer de cada uno de ellos, que entidades, atributos o medidas pueden ser útiles para evaluar la sostenibilidad. Aunque es cierto de sí se puede deducir de ellos que la gran mayoría de autores apuestan por medir la sostenibilidad para cada una de las tareas de los PNs y así poder obtener el conjunto de la sostenibilidad en el ciclo de vida de cualquiera de los PN. También destacan la importancia de medir el consumo tanto de las infraestructuras o recursos empleados como de las aplicaciones utilizadas.

5.2.2.3 Evaluación de la calidad de los documentos

En lo que respecta a la evaluación de la calidad de los estudios en la SLR (véase Apartado 5.2.2.1), en la Figura 5.12 se muestra la puntuación media de todos los artículos para cada una de las preguntas de calidad definidas.

Preguntas	Puntuación media
EQ1	0,6
EQ2	0,68
EQ3	0,90
EQ4	0,71

Tabla 5.12: Resultado estudio calidad de los artículos

Por su parte, en la Figura 5.6 se muestra un gráfico que clasifica el número de artículos, en función de la nota obtenida en la evaluación de calidad. Tal y como se puede observar en el gráfico hay 3 artículos que han sido calificados con una nota total de calidad de cuatro, 5 documentos que tienen un más de un tres de nota sin alcanzar el máximo (Cuatro de nota total), 4 artículo que tienen más de dos de nota total.

Ello da una idea de que los resultados presentados en esta SLR tienen en general un grado de relevancia alto pero que todavía queda mucho por investigar acerca de la sostenibilidad en los procesos de negocio

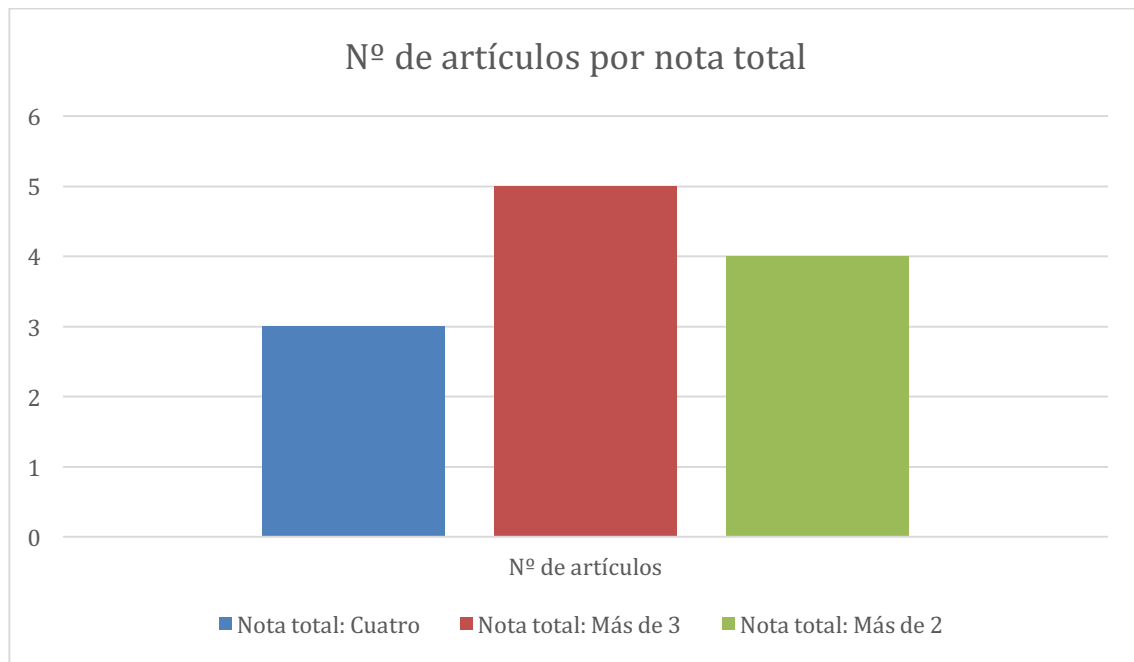


Figura 5.6 Número de artículos por nota total de calidad

5.2.3 Síntesis de los resultados de la SLR

En este apartado se presenta la síntesis de los artículos primarios seleccionados en esta SLR, de modo que se dé respuesta a las diferentes preguntas de investigación propuestas en el protocolo. En la Tabla 5.13 se presenta la síntesis de los trabajos primarios seleccionados, destacando para cada uno de ellos, las entidades y atributos identificados, las medidas que proponen y su tipo de validación, en caso de que haya.

Trabajo		Entidades (RQ1)	Atributos (RQ2)	Medidas (RQ3)	Validación (RQ4)
SLR1	Thomas et al. (2015)	- Infraestructura TI	No presenta	No presenta	Caso ejemplo real
SLR2	Betz y Caporale (2015)	- Aplicaciones SW - Infraestructura TI	- Eficiencia energética - Desechos electrónicos producidos - Cantidad emisiones generadas	- Nº de dispositivos electrónicos reemplazados	Propone un nuevo modelo de desarrollo sostenible
SLR3	Aleksic (2014)	- Infraestructura TI	- Eficiencia energética	- Potencia consumida (W)	No presenta
SLR4	Loeser (2013)	- Infraestructura TI	- Cantidad de papel y tinta - Consumo equipos informáticos - Cantidad materiales tóxicos empleados	No presenta	Revisión de la literatura
SLR5	Recker y Seidel (2012)	- Servicios TI (SW y HW) - Vehículos empleados	- Emisiones producidas -Materia prima derrochada	No presenta	Caso ejemplo simulado
SLR6	Opitz et al. (2012)	- Recursos informáticos (Ordenadores, servidores, etc.)	- Eficiencia energética	- CO ₂ /h, - PUE, - DCE, - DCeP	Caso ejemplo simulado

Trabajo		Entidades (RQ1)	Atributos (RQ2)	Medidas (RQ3)	Validación (RQ4)
SLR7	Recker et al. (2012)	- Ordenadores - Aplicaciones - Vehículos	- Cantidad de recursos (papel, combustible) - Cantidad de emisiones generadas - Materiales desechados	- Papel: g CO ₂ /Kg papel - Electricidad: g CO ₂ /kWh - Combustible g CO ₂ /Km	Caso ejemplo real
SLR8	Cappiello et al. (2011)	- Infraestructura TI - Máquinas virtuales - Aplicaciones SW	- Cantidad de energía necesaria	- Máximos kWh consumidos	Caso ejemplo simulado
SLR9	Hoesch-Klohe, et al. (2010)	- Maquinas fabricación - Infraestructura TI - Vehículos	- Cantidad emisiones CO ₂ generadas - Cantidad de recursos y materiales usados	- Kg CO ₂ - Kg CO ₂ por Km - Kg de agua, papel, tinta	Caso ejemplo simulado
SLR10	Reiter et al. (2014)	- HW empleado - Aplicaciones SW - Maquinaria de fabricación	- Eficiencia energética - Cantidad materias primas consumidas	- Consumo de energía (Ws) - CO ₂ por instancia de proceso	Caso ejemplo simulado
SLR11	Johann et al. (2012)	- Aplicaciones SW	- Eficiencia energética	-trabajo realizado / energía consumida - Líneas de código - Numero de ciclos de bucles	Caso ejemplo simulado
SLR12	Moraga y Bertoa (2015)	- Productos SW	- Eficiencia energética	- Potencia consumida (W) - Energía consumida (Wh) - trabajo realizado /energía consumida	Propone un nuevo modelo de desarrollo sostenible

Tabla 5.13 Síntesis de los trabajos primarios extraídos en la SLR

5.2.3.1 Resultados por pregunta de investigación

En este apartado se da respuesta a cada una de las preguntas de investigación, propuestas en la sección 5.2.1.1, sobre la base de la síntesis realizada con los datos recopilados que se muestran en la Tabla 5.13.

RQ1. ¿Qué entidades identificadas son objeto de medir la sostenibilidad?

El objetivo de esta pregunta de investigación es determinar qué tipo de entidades de un proceso de negocio son objetos para evaluar la sostenibilidad de dichos procesos.

Dar respuesta a esta pregunta no ha sido tarea sencilla, ya que, entre todos los artículos seleccionados, solamente los estudios SLR5, SLR7, SLR8, SLR9 y SL510 centraban su investigación en la sostenibilidad en los PNs e incluían entidades de modo más explícito. Por lo tanto, ha sido necesario analizar los artículos restantes y decidir cuáles de ellos planteaban entidades que pueden ser adaptadas a cualquier proceso de negocio con el fin de poder medir su sostenibilidad.

Si observamos la segunda columna (Entidades – RQ1) de la Tabla 5.13, podemos ver que la mayoría de los autores de los estudios primarios seleccionados (el 85% de artículos) proponen como entidades principales para poder medir la sostenibilidad de cualquier proceso, la **infraestructura TI** que sea empleada para llevar a cabo la ejecución del PN. Como ejemplos de recursos TI a evaluar se encuentran los ordenadores o computadoras, servidores, dispositivos de comunicación o dispositivos de almacenamiento.

Otra entidad identificada con bastante frecuencia, ya que aparece en 7 de los 12 (60%) artículos seleccionados, son las **aplicaciones software** que se utilicen. Aunque el software no consume directamente energía, si afecta en gran medida el consumo de los equipos hardware donde es ejecutada [46], lo que lo convierte en un aspecto importante a medir.

También se han encontrado otras entidades que pueden aparecer dependiendo de las tareas que haya que realizar en el proceso a medir. En los PN que tengan como salida la fabricación de cualquier objeto será necesario tener en cuenta la **maquinaria de fabricación** utilizada como entidad para medir cómo puede afectar

a la sostenibilidad del proceso. De igual forma, algunos PNs incluyen tareas en las que es necesario realizar un transporte, ya sea de personas o de material, provocando que el **vehículo** utilizado (coches, camiones, aviones...) se convierta en una entidad objeto de medición.

Las entidades anteriormente mencionadas se deben encontrar dentro de alguna de las tareas que se realizan en un proceso de negocio.

RQ2. ¿Qué atributos de las entidades permiten evaluar las características de sostenibilidad?

Esta pregunta se refiere a los atributos de las entidades, que se muestran en la anterior pregunta, sobre los que se mide la sostenibilidad de los PNs.

Analizando los estudios seleccionados, podemos distinguir dos tendencias claras a la hora de medir la sostenibilidad de cualquiera de las entidades. Si observamos la Tabla 5.13, vemos como un alto porcentaje de los autores apuestan por la **eficiencia energética** como principal atributo para evaluar la sostenibilidad. Sin embargo, existe otra corriente que aboga por medir la **cantidad de emisiones de dióxido de carbono** (CO₂) que son generadas en la ejecución de cada actividad. Los autores que defiende la cantidad de CO₂ como atributo principal para evaluar la sostenibilidad de cada entidad participante en el PN, argumentan que el consumo eléctrico genera CO₂, por lo que es recomendable considerar este atributo como clave para evaluar la sostenibilidad ya que puede englobar a los demás atributos.

Otros atributos que presentan algunos autores son la **cantidad de materias primas y recursos** empleados, por ejemplo, el gasto de agua, papel, combustible o tinta de impresión, o la **cantidad de desechos electrónicos o materiales tóxicos** producidos al llevar a cabo determinadas tareas.

RQ3. ¿Qué medidas y de qué tipo existen para evaluar los atributos?

Tal y como se explica en la sección 5.2.2.2, antes de exponer las distintas medidas que han sido encontradas es necesario agruparlas por tipos según los atributos que se encargan de evaluar. Para clasificar las medidas se han identificado cuatro tipos, que son: medidas de energía, medidas de emisión, de consumo de materiales o recursos y los desechos que se generan. También se incluye un nuevo tipo llamado

Otros que incluye medidas que no se han podido clasificar en ninguno de los anteriores, pero que pueden afectar a la sostenibilidad de los PN. Estos tipos están definidos en la sección mencionada anteriormente.

A continuación (Tabla 5.14) se exponen las medidas que han sido extraídas de los estudios primarios clasificadas según su tipo:

Tipo medida	Medida	Comentarios
Energía	Potencia consumida (W)	Cantidad de potencia necesaria para hacer funcionar la entidad correspondiente. Se mide en vatios.
	Energía consumida (kWh)	Cantidad de energía consumida por cada hora de trabajo
	PUE	El resultado de dividir la potencia total de un CPD entre la potencia disponible para el equipamiento informático
	DCE	Es la inversa del PUE
	DCeP	Sirve para cuantificar el trabajo útil producido en comparación con la energía requerida
	Máximo kWh	Cantidad máxima de kilovatios (kW) consumidos en una hora
	Trabajo realizado /energía consumida	Es una medida derivada utilizada para medir la eficiencia energética
Emisiones	g. CO ₂ /h	Mide la cantidad (en gramos) de dióxido de carbono (CO ₂) por cada hora de ejecución
	g. CO ₂ /Kg papel	Cantidad de CO ₂ (en gramos) producido al generar cada Kg de papel utilizado
	g. CO ₂ por Km	Cantidad de CO ₂ (en gramos) producido al por cada Km recorrido utilizando un vehículo con combustible
	g. CO ₂ /kWh	Cantidad de CO ₂ (en gramos) producido al generar cada kilovatio hora empleado
	g. CO ₂ por instancia de proceso	Mide la cantidad (en gramos) de dióxido de carbono (CO ₂) generada por cada instancia de un proceso

Tipo medida	Medida	Comentarios
Consumo de recursos o materias primas	Kg. de papel	Cantidad (en kilogramos) de papel empleado en cada tarea
	l. de agua	Cantidad (en litros) de agua empleada en cada tarea
	l. de combustible	Cantidad (en litros) de combustible empleado en cada tarea
	l. de tinta de impresión	Cantidad (en litros) de tinta de impresión empleado en cada tarea
Desechos	Cantidad de materiales tóxicos	Cantidad de materiales tóxicos empleados para llevar a cabo una tarea
	Nº de dispositivos eléctricos desechados	Cantidad de dispositivos eléctricos (ordenadores, impresoras...) desechados debido a su obsolescencia o ruptura
Otros	LOC	Es una estimación de líneas de código. Puede afectar al rendimiento de una aplicación
	Numero de ciclos de bucles	Puede afectar al rendimiento de una aplicación

Tabla 5.14 Medidas encontradas clasificadas por tipo

RQ4. ¿Qué métodos de investigación se han utilizado para determinar los aspectos de sostenibilidad?

Esta pregunta se refiere al método de investigación que se ha empleado para validar los aspectos de sostenibilidad que planteaban los distintos estudios seleccionados. La mayor parte de los estudios utilizaron experimentos o casos de ejemplos simulados como método de investigación. Otros estudios optaron validar su propuesta a través un caso de ejemplo real.

Dos de los artículos analizados proponen un nuevo modelo para el desarrollo sostenible del software, pero no plantean ningún caso de ejemplo que los valide. Uno de los estudios presenta una SLR sobre el *Green TI*. Por último, hay otro artículo que, a pesar de exponer una serie de medidas para medir la sostenibilidad, no presenta ningún método de investigación empleado para validar las medidas propuestas.

5.2.3.2 Conclusiones de la SLR

Una vez se ha concluido la revisión sistemática, en la cual se han analizado una gran cantidad de artículos, se ha logrado identificar entidades, atributos y medidas que pueden ser útiles para tratar de evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio.

Como resultado de la SLR, se han identificado 12 estudios primarios, donde se observa que el problema de la sostenibilidad en los PNs es un problema que se ha abordado en los últimos años proponiendo diferentes métricas para poder evaluarlo, pero donde todavía no se ha llegado a un consenso o estándar que sea seguido por todos los autores a pesar de la gran cantidad de artículos que hablan de la sostenibilidad, pero sin poner el foco en los procesos de negocio.

Una vez detectado la carencia de medidas para evaluar la sostenibilidad en los PNs, en la siguiente sección se tratará de definir una propuesta de medidas y atributos que lo permitan.

5.3. Fase 2. Definición de objetivos

En esta fase se define el objetivo de la investigación, una vez se ha realizado la SLR y conocemos la situación actual sobre el tema, podemos decir que el objetivo de dicha investigación se corresponde con la identificación de una serie de medidas, que puedan ser aplicadas a los procesos de negocio para evaluar la sostenibilidad de dichos procesos y que posteriormente se pueda realizar una gamificación en función de los resultados obtenidos de cada una de las medidas de sostenibilidad empleadas.

En la fase dos se realizan dos tareas diferentes. En primer lugar, se debe proponer una serie de medidas, extraídas de la información obtenida en la SLR, que permitan dar un indicativo de la sostenibilidad de cada una de las tareas de un PN, teniendo en cuenta de que tipo se trata el proceso. La segunda tarea a realizar en esta fase es la extensión del *log* de ejecución para que incluya las medidas anteriormente definidas, de modo que los *logs* representen la sostenibilidad de cada una de las tareas que han sido ejecutadas en un BPMS.

5.3.1 Propuesta de medidas de sostenibilidad para PNs

En esta tarea se trata de definir una lista de medidas que sean útiles para evaluar la sostenibilidad de las tareas en los procesos de negocio. Para ello es necesario identificar antes los diferentes tipos de tareas que existen en BPMN, porque en función del tipo de tarea que sea ejecutada se puede aplicar un tipo de medidas u otro.

Según el estándar de BPMN [47, 48] las tareas son actividades atómicas que se realizan dentro de un proceso. Dependiendo de su naturaleza pueden ser de diferentes tipos:

- **De envío:** es una tarea sencilla que consiste en el envío de un mensaje a un usuario externo al proceso.
- **De recepción:** en esta tarea se espera hasta que se reciba un mensaje de un participante externo al proceso.
- **De usuario:** es la típica tarea de un flujo de trabajo donde una persona la realiza con la ayuda de un software. Es planificada mediante un gestor de tareas.
- **Manual:** en este tipo de tareas se produce una espera hasta que el usuario indica que la tarea ha sido completada.
- **Regla de negocio:** envío de datos a un motor de reglas de negocio y espera hasta recibir los resultados.
- **De servicio:** utiliza algún tipo de servicio, como puede ser un servicio web o una aplicación automatizada.
- **De script:** ejecuta una serie de comandos por el motor de procesos de negocio.

La representación visual que tienen estos tipos de tareas, según el estándar de BPMN, se puede observar en la Figura 5.7.



Figura 5.7 Tipo de tareas según estándar BPMN

A partir de los distintos tipos de tareas de BPMN, es necesario identificar que entidades, de las que han sido encontradas en la SLR, pueden estar relacionadas con cada una de las tareas dependiendo del tipo.

Las tareas de tipo **envío y recepción** se pueden agrupar en una sola para identificar sus entidades, ya que son tareas muy similares, que consisten en el envío o recepción de un mensaje a un usuario externo al proceso. Para estas tareas podemos identificar como principales entidades empleadas, para llevar a cabo la tarea correspondiente, a los recursos TI necesarios, como por ejemplo ordenadores, redes de comunicación y algún periférico de salida, como podría ser una impresora, y a las aplicaciones software que serán las encargadas de enviar y recibir el mensaje a través del hardware disponible.

Las tareas de **usuario** son las actividades que un usuario realiza con la ayuda de un software, por lo tanto, las entidades encontradas para este tipo de tareas son las propias aplicaciones software que ayudan a realizar la tarea, incluyendo la plataforma BPMS empleada, y los recursos hardware donde son ejecutadas, pueden ser desde ordenadores de escritorio o equipos portátiles, dispositivos móviles,

dispositivos de comunicación, a servidores o centros de procesamiento de datos, en los casos que sea necesario.

Cuando hablamos de tareas de tipo **manual** nos referimos a las tareas que los participantes tienen que realizar y no están bajo el control del motor de procesos, pero que hasta que el usuario no indique que la tarea ha sido completada el proceso no puede avanzar. Un claro ejemplo puede ser la actividad de transportar algún tipo de material, donde el usuario una vez terminada la tarea debe indicarlo para que las demás tareas puedan ejecutarse. En este tipo de tareas es mucho más complicado saber las entidades que pueden emplearse, pero teniendo en cuenta las que han sido identificadas en la SLR, podemos afirmar que en este tipo de tareas se pueden encontrar infraestructura TI y aplicaciones software, maquinaria de fabricación, en los casos en los que la tarea conlleve la salida de un nuevo producto, y vehículos de transporte (coches, camiones, aviones, barcos...) si es necesario realizar algún transporte de personas o mercancías para llevar a cabo la ejecución de la tarea.

Para las tareas de tipo **regla de negocio, invocación de servicio o ejecución de un script** se han identificado como entidades la infraestructura TI y el software que son necesarios para ejecutar este tipo de tareas. En las tareas de tipo invocación de servicio, además hay que tener en cuenta que si ese servicio es dado por una organización externa es importante que a la hora de negociar el acuerdo SLA (acuerdo de nivel de servicios) tener en cuenta el nivel de sostenibilidad del servicio.

Una vez se han identificado las entidades que pueden estar involucradas para cada uno de los tipos de tareas que se describen en el estándar BPMN, es necesario definir qué medidas se pueden emplear para conocer la sostenibilidad de las entidades participantes y por tanto poder obtener un indicativo de lo sostenible que es la ejecución de un caso de un proceso, teniendo en cuenta cada una de las tareas que han sido realizadas.

5.3.1.1 Medidas base propuestas para evaluar la sostenibilidad en procesos de negocio

Las medidas bases son medidas de un atributo perteneciente a una entidad sin dependencia de cualquier otra medida [49]. La Tabla 5.15 muestra que medidas base se pueden ser usadas para medir la sostenibilidad de los tipos de tareas de envío y recepción, de usuario, de regla de negocio, invocación de servicio y ejecución de un script, debido a que las entidades son comunes para estos tipos de tareas.

Tipo tarea	Entidad	Medida	Comentarios
Envío y recepción De Usuario Regla de negocio, servicios o ejecución de script	Recursos TI (ordenadores, disp. de comunicación, periféricos)	Potencia consumida (W)	Cantidad de potencia necesaria para hacer funcionar los recursos empleados
		Energía consumida (kWh)	Cantidad de energía consumida por cada hora de trabajo por todos los recursos TI funcionando
		PUE, DCE o DCPE	En el caso de que haya un CPD, estas medidas son interesantes
		g. CO ₂ /kWh	Cantidad de CO ₂ que se genera al usar la energía necesaria para el funcionamiento de los recursos
		g. CO ₂ /Kg papel	Cantidad de CO ₂ (en gramos) producido al generar cada Kg de papel utilizado por estos recursos
		Nº de dispositivos eléctricos desechados	Sirve para cuantificar el trabajo útil producido en comparación con la energía requerida
		Trabajo realizado /energía consumida	La eficiencia energética que consumen los recursos
		ml. de tinta de impresión	Cantidad (en mililitros) de tinta que pueden ser utilizados
		g. de papel	Cantidad (en gramos) de papel utilizados por los recursos
		l. de agua	Cantidad (en litros) de agua utilizados por los recursos
	Aplicaciones Software	Impacto energético sobre el recurso (W)	Cálculo relativo de la energía total que utilizan las aplicaciones
		LOC	Estimación de líneas de código.
		Numero de ciclos de bucles	Puede afectar al rendimiento de una aplicación

Tabla 5.15 Lista de medidas base propuestas por tipo de tarea

En la Tabla 5.16 se expone la lista de medidas base definidas para las tareas de tipo manual. Las medidas para este tipo de tareas son más difíciles de definir, ya que incluye más entidades con las que puede interactuar los usuarios.

Las medidas se han definido sobre las entidades que han sido identificadas en la SLR.

Tipo tarea	Entidad	Medida	Comentarios
Manual	Recursos TI (ordenadores, disp. de comunicación, periféricos)	Potencia consumida (W)	Cantidad de potencia necesaria para hacer funcionar los recursos empleados
		Energía consumida (kWh)	Cantidad de energía consumida por cada hora de trabajo por todos los recursos TI funcionando
		PUE, DCE o DCPE	En el caso de que haya un CPD, estas medidas son interesantes
		g. CO ₂ /kWh	Cantidad de CO ₂ que se genera al usar la energía necesaria para el funcionamiento de los recursos
		g. CO ₂ /Kg papel	Cantidad de CO ₂ (en gramos) producido al generar cada Kg de papel utilizado por estos recursos
		Nº de dispositivos eléctricos desechados	Sirve para cuantificar el trabajo útil producido en comparación con la energía requerida
		Trabajo realizado /energía consumida	La eficiencia energética que consumen los recursos
		ml. de tinta de impresión	Cantidad (en mililitros) de tinta que pueden ser utilizados por los recursos TI
		g. de papel	Cantidad (en gramos) de papel utilizados por los recursos
		l. de agua	Cantidad (en litros) de agua utilizados por los recursos
	Aplicaciones Software	Impacto energético sobre el recurso (kWh)	Cálculo relativo de la energía total que utilizan las aplicaciones
		LOC	Es una estimación de líneas de código. Puede afectar al rendimiento de una aplicación
		Numero de ciclos de bucles	Puede afectar al rendimiento de una aplicación

Tipo tarea	Entidad	Medida	Comentarios
Manual	Vehículos de transporte	g. CO ₂ por Km	Cantidad de CO ₂ (en gramos) producido al por cada Km recorrido utilizando un vehículo con combustible
		l. de combustible	Cantidad (en litros) de combustible empleado en cada tarea
	Maquinaria de fabricación	Potencia consumida (W)	Cantidad de potencia necesaria para hacer funcionar los recursos empleados
		Energía consumida (kWh)	Cantidad de energía consumida por cada hora de trabajo por todos los recursos TI funcionando
		Trabajo realizado /energía consumida	La eficiencia energética que consumen los recursos
		g. CO ₂ /kWh	Cantidad de CO ₂ que se genera al usar la energía necesaria para el funcionamiento de los recursos
		l. de agua	Cantidad (en litros) de agua utilizados por los recursos
		l. de combustible	Cantidad (en litros) de combustible empleado en cada tarea

Tabla 5.16 Lista de medidas base propuestas para las tareas de tipo manual

Una vez han sido definidas todas las medidas bases que sirven para evaluar la sostenibilidad de cada una de las tareas, es necesario definir un conjunto de medidas derivadas, que nos proporcionen el grado de sostenibilidad en la ejecución de un caso concreto de un proceso de negocio, teniendo en cuenta todas las tareas que han sido ejecutadas. El conjunto de medidas derivadas se presenta en la siguiente sección (sección 5.3.1.2).

5.3.1.2 Medidas derivadas para evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio

Las medidas derivadas son aquellas que derivan de otras medidas base utilizando una función de medición, siendo una función derivada, un algoritmo o cálculo realizado a base de combinar dos o más medidas base o derivadas [49]. Estas medidas derivadas son las que nos permiten evaluar la sostenibilidad de la ejecución de un caso, teniendo en cuenta las tareas que han sido completadas para conseguir la ejecución del caso, o la sostenibilidad de un proceso completo. La Tabla 5.17 muestra la lista de medidas derivadas planteadas para evaluar la sostenibilidad en un caso de ejecución.

Id medida	Medidas derivadas	Comentarios
Md1	Potencia total necesaria en un caso de PN (Md1 = Σ Vatios (W) por tarea)	La suma de todas las potencias necesarias para la ejecución de cada una de las tareas de un caso de un proceso de negocio
Md2	Energía total consumida en un caso de PN (Md2 = Σ kWh por tarea)	La suma de toda la energía consumida para la ejecución de todas las tareas pertenecientes a un caso de un PN
Md3	Actividad que consume más energía (kWh) en un caso de PN	La tarea ejecutada en un caso de un PN que consume más energía
Md4	Actividad que consume más energía (kWh) en promedio en un caso de PN	La tarea de un caso de un PN que consume más energía en promedio de todas sus ejecuciones dentro de dicho caso
Md5	Trabajo realizado/energía consumida de cada una de las tareas	La eficiencia energética que consumen los recursos de cada una de las tareas de un PN
Md6	Eficiencia energética total de un caso de PN (Md6 = Σ Md5)	La eficiencia total de un caso de un PN, teniendo en cuenta la eficiencia de cada una de las tareas ejecutadas

Id medida	Medidas derivadas	Comentarios
Md7	Actividad que tiene una mayor eficiencia energética de un caso	La tarea ejecutada en un caso de PN que tenga una mayor eficiencia energética
Md8	Cantidad emisiones (CO₂) generadas en un caso de PN (Md8 = Σ g.CO₂ por tarea)	Es el sumatorio de las emisiones de CO ₂ producidas en la ejecución de un caso de un PN
Md9	Actividad que genera más cantidad de CO₂ en un caso de PN	La tarea que más cantidad de emisiones genera de las ejecutadas para finalizar un caso de un PN
Md10	Actividad que genera más cantidad de CO₂ en promedio en un caso de PN	La tarea de un caso de un PN que genera más emisiones en el promedio de todas sus ejecuciones dentro del caso
Md11	Cantidad de combustible empleado en un caso de PN (Md11 = Σ l. combustible por tarea)	Es el sumatorio de la cantidad de combustible gastado en la ejecución de todas las tareas pertenecientes a un caso de un PN
Md12	Cantidad de tinta empleada en un caso de PN (Md12 = Σ ml de tinta. por tarea)	Es el sumatorio de la cantidad de tinta de impresión gastada en la ejecución de todas las tareas pertenecientes a un caso de un PN
Md13	Cantidad de agua empleada en un caso de PN (Md13 = Σ l. agua por tarea)	Es el sumatorio de la cantidad agua gastada en la ejecución de todas las tareas pertenecientes a un caso de un PN
Md14	Cantidad de papel empleado en un caso de PN (Md14 = Σ kg. papel por tarea)	Es la suma de la cantidad de papel empleada en cada una de las tareas de un caso de un PN ejecutado

Tabla 5.17 Lista de medidas derivadas propuestas para evaluar la sostenibilidad a nivel de caso

La Tabla 5.18 muestra la lista de medidas derivadas planteadas para evaluar la sostenibilidad a nivel de procesos.

Id medida	Medidas derivadas	Comentarios
Md15	Promedio de la energía consumida de los casos de PN	Es el cálculo de la energía media consumida en la ejecución de todos los casos de un PN
Md16	Promedio de las emisiones generadas de los casos de PN	Es el cálculo de las emisiones generadas de media en la ejecución de todos los casos de un PN
Md17	Promedio de eficiencia energética de sus casos en un PN	Es el promedio de la eficiencia energética de la ejecución de todos los casos de un PN
Md18	Promedio de materias prima empleadas en un PN	Es la cantidad de materias primas de media que se emplean en la ejecución de todos los casos de un PN
Md19	Actividad que tiene una mayor eficiencia energética de un PN	La tarea ejecutada de un PN que tenga una mayor eficiencia energética
Md20	Actividad que más energía consume de un PN	La tarea ejecutada de un PN que más energía consume
Md21	Actividad que más emisiones genera de un PN	La tarea ejecutada de un PN que más emisiones de CO ₂ genera

Tabla 5.18 Lista de medidas propuestas para evaluar la sostenibilidad a nivel de proceso

Una vez definidas las medidas derivadas oportunas, se pueden especificar una serie de indicadores, siendo estos, una medida derivada de las medidas cuyo método de medición es un modelo de análisis que se encuentra asociado a un criterio de decisión [49]. A partir de dichos indicadores se podría valorar si el resultado obtenidos sobre sostenibilidad es aceptable o no. La definición de dichos indicadores requiere la realización de numerosos estudios empíricos, por lo que queda fuera del alcance de este TFM y se abordará como trabajo futuro.

5.3.1.3 Caso de ejemplo: Evaluación de la sostenibilidad en un proceso de negocio

Para ilustrar la evaluación de la sostenibilidad de un proceso de negocio, se presenta un ejemplo de un proceso de recogida de pacientes de residencias de ancianos para llevarlos al hospital. El diagrama de procesos se puede observar en la Figura 5.8. En él se puede identificar tres roles que participan en el proceso, estos son: el auxiliar de la clínica, que es el encargado de dar la orden para la recogida de los pacientes; el conductor de la ambulancia, que debe evaluar las solicitudes de recogida de los pacientes y en caso de que sea necesario ir a recogerlos a la residencia de ancianos para trasladarlos al hospital; y por último se encuentra el rol del celador, que debe rellenar el documento de recogida cuando el conductor de ambulancia haya ido a recoger a un anciano.

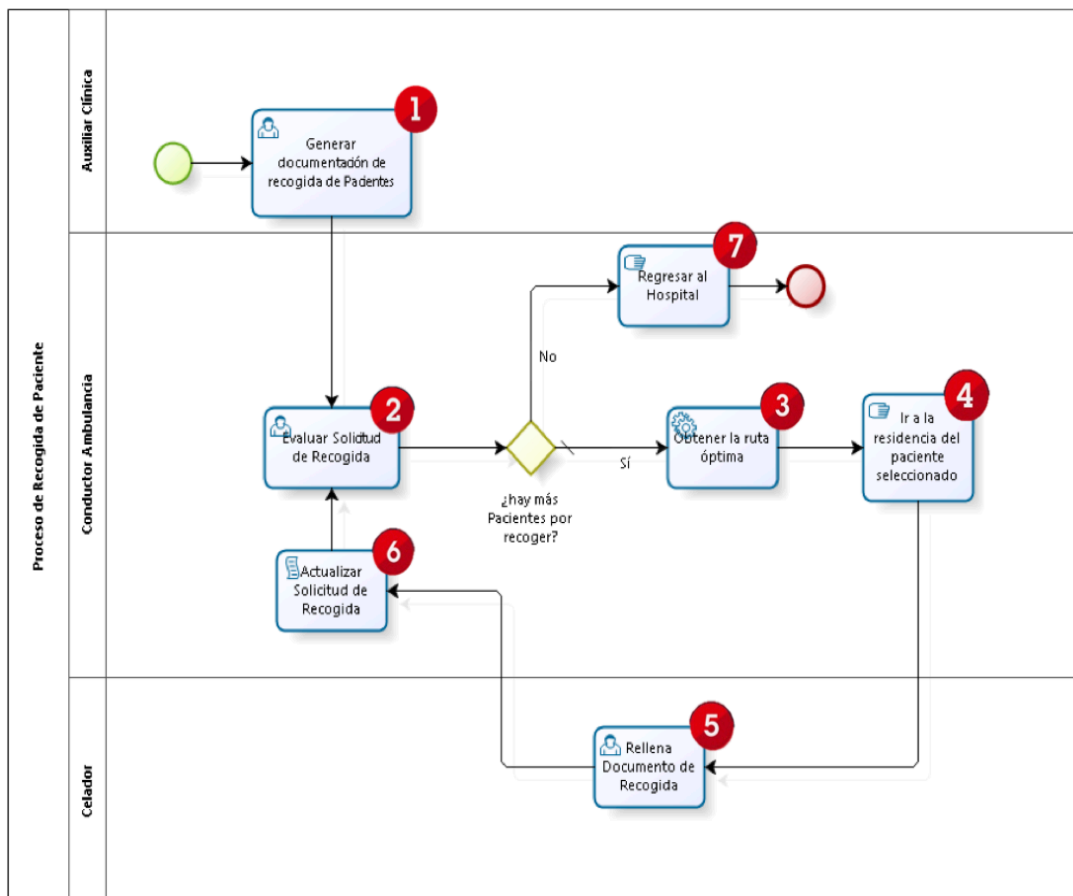


Figura 5.8 Diagrama proceso de recogida de paciente

El proceso de recogida de pacientes incluye siete tareas: tres de ellas de tipo usuario, dos tareas manuales, una de invocación a un servicio y otra tarea. Se identifican las siguientes entidades para cada una de las tareas.

- **Tarea 1** – Generar documentación de recogida de pacientes:

Para esta tarea las entidades identificadas son los recursos informáticos empleados y el software encargado de generar la documentación. Dentro de los recursos TI suponemos que se hace uso de un ordenador que esté conectado a internet y una impresora, para los casos que sea necesario imprimir la documentación de los pacientes. También suponemos que se emplea una aplicación que es la encargada de generar dicha documentación y enviar un aviso al conductor de ambulancia cuando sea necesario.

- **Tarea 2** – Evaluar solicitud de recogida:

En esta tarea al tratarse de una tarea de tipo de usuario al igual que la primera, las entidades supuestas serán similares a la anterior, con el único cambio de que, en vez de usar un ordenador, el conductor evaluará las solicitudes a través de la aplicación software que es ejecutada en un dispositivo móvil (tablet).

- **Tarea 3** – Obtener ruta óptima:

Esta es una tarea de invocación a un servicio que se ejecuta de forma automática, en el caso de que el conductor de la ambulancia tenga pacientes que recoger, a través de la aplicación ejecutada en el dispositivo móvil y que le permite obtener la ruta más óptima para llegar a la residencia.

- **Tarea 4** – Ir a la residencia del paciente seleccionado:

Esta tarea es de tipo manual por lo que el conductor debe ir a recoger al paciente seleccionado en la ambulancia e indicar cuando haya terminado. En este caso la entidad a tener en cuenta en esta tarea es el vehículo utilizado (ambulancia) para transportar a los ancianos.

- **Tarea 5** – Rellenar documento de recogida:

Es una tarea de tipo de usuario y es llevada a cabo por el rol celador cuando el conductor de ambulancia haya recogido a alguno de los pacientes de la residencia de ancianos. Al igual que la tarea 1, únicamente se identifica un ordenador con conexión a internet para realizar dicha tarea.

- **Tarea 6** – Actualizar solicitud recogida:

Una vez el celador haya realizado la tarea de rellenar el documento de recogida se lanza una tarea automática de ejecución de un script que actualiza la información de la solicitud recogida. En esta tarea participa la aplicación que se encarga de actualizar la información y el dispositivo donde se ejecuta.

- **Tarea 7** – Regresar al hospital:

Cuando el conductor no tenga más pacientes que recoger debe conducir su ambulancia hasta el hospital, siendo la ambulancia la entidad a tener en cuenta en esta tarea.

Una vez se han identificado todas las entidades participantes en cada una de las tareas se ha realizado la medición de la sostenibilidad de cada uno de ellas. En este ejemplo se han usado algunas de las medidas definidas en la sección 5.3.1. Al tratarse de un ejemplo, el proceso de medición ha sido simulado, de forma que los datos obtenidos en cada una de las medidas no son datos reales.

Los datos de las mediciones simuladas para cada una de las tareas del proceso de ejemplo se muestran en las Tablas 5.19 – 5.24.

Tarea	Entidad	Medida empleada	Datos obtenidos	Observaciones
Tarea 1	Ordenador	Energía consumida (kWh)	0.350 kWh	Por cada hora de funcionamiento el ordenador es la energía gastada
		g. CO ₂ /kWh	227 g. CO ₂	Cálculo de la cantidad de CO ₂ generada al producir la energía necesaria
	Impresora	ml. de tinta de impresión	0.1 ml	Suponiendo que se imprime de media 5 paginas el consumo de tinta medio es el obtenido
		g. de papel	25 g	Suponiendo que se imprime de media 5 paginas la cantidad de papel es la obtenida
		g. CO ₂ /Kg papel	75 g. CO ₂	Cálculo de la cantidad de CO ₂ generada al producir la cantidad de papel empleado
	Aplicación software	Impacto energético sobre el recurso (kWh)	0.020 kWh	Es el impacto energético que conlleva la ejecución de la aplicación

Tabla 5.19 Datos simulados ejemplo Tarea 1

Tarea	Entidad	Medida empleada	Datos obtenidos	Observaciones
Tarea 2	Tablet	Energía consumida (kWh)	0.050 kWh	Por cada hora de funcionamiento el ordenador es la energía gastada
		g. CO ₂ /kWh	33 g. CO ₂	Cálculo de la cantidad de CO ₂ generada al producir la energía necesaria
	Aplicación software	Impacto energético sobre el recurso (kWh)	0.015 kWh	Es el impacto energético que conlleva la ejecución de la aplicación

Tabla 5.20 Datos simulados ejemplo Tarea 2

Tarea	Entidad	Medida empleada	Datos obtenidos	Observaciones
Tarea 3	Tablet	Energía consumida (kWh)	0.050 kWh	Por cada hora de funcionamiento el ordenador es la energía gastada
		g. CO ₂ /kWh	33 g. CO ₂	Cálculo de la cantidad de CO ₂ generada al producir la energía necesaria
	Aplicación software	Impacto energético sobre el recurso (kWh)	0.015 kWh	Es el impacto energético que conlleva la ejecución de la aplicación
	SLA	Nivel de sostenibilidad	0.400 kWh	Al ser un servicio externo invocado, la empresa suministradora garantiza que el consumo dedicado a dicha tarea es el obtenido y está pactado en el acuerdo SLA

Tabla 5.21 Datos simulados ejemplo Tarea 3

Tarea	Entidad	Medida empleada	Datos obtenidos	Observaciones
Tarea 4 Tarea 7	Vehículo Ambulancia	g. CO ₂ por Km	800 g CO ₂ por Km	Cálculo de la cantidad de CO ₂ generada por la ambulancia para recorrer un Km
		l. de combustible	0.330l por km	Aproximación de cantidad de litros consumida en un kilómetro

Tabla 5.22 Datos simulados ejemplo Tarea 4 y Tarea 7

Tarea	Entidad	Medida empleada	Datos obtenidos	Observaciones
Tarea 5	Ordenador	Energía consumida (kWh)	0.350 kWh	Por cada hora de funcionamiento el ordenador es la energía gastada
		g. CO ₂ /kWh	227 g. CO ₂	Cálculo de la cantidad de CO ₂ generada al producir la energía necesaria
	Impresora	ml. de tinta de impresión	0.1 ml	Suponiendo que se imprime de media 5 paginas el consumo de tinta medio es el obtenido
		g. de papel	25 g	Suponiendo que se imprime de media 5 paginas la cantidad de papel es la obtenida
	g. CO ₂ /Kg papel	75 g. CO ₂	Cálculo de la cantidad de CO ₂ generada al producir la cantidad de papel empleado	
Aplicación software	Impacto energético sobre el recurso (kWh)	0.020 kWh	Es el impacto energético que conlleva la ejecución de la aplicación	

Tabla 5.23 Datos simulados ejemplo Tarea 5

Tarea	Entidad	Medida empleada	Datos obtenidos	Observaciones
Tarea 6	Ordenador	Energía consumida (kWh)	0.300 kWh	Por cada hora de funcionamiento el ordenador es la energía gastada
		g. CO ₂ /kWh	200 g. CO ₂	Cálculo de la cantidad de CO ₂ generada al producir la energía necesaria
	Aplicación software	Impacto energético sobre el recurso (kWh)	0.020 kWh	Es el impacto energético que conlleva la ejecución de la aplicación

Tabla 5.24 Datos simulados ejemplo Tarea 6

Una vez se han obtenido todos los datos que sirven como indicadores para medir la sostenibilidad, se puede proceder a calcular el nivel de sostenibilidad de cada una de las tareas. Para ello es necesario conocer datos como el tiempo que se emplea los ordenadores, la cantidad de hojas que se han de imprimir o los kilómetros que son recorridos por la ambulancia. Sabiendo los datos totales de cada tarea y las veces que cada tarea se realiza se puede calcular el nivel de sostenibilidad del proceso completo.

Por ejemplo, si suponemos que la Tarea 1 suponemos que se realiza dos veces, que el tiempo que se tarda es de una hora por ejecución y que por cada vez que se ejecuta se deben imprimir 5 hojas podemos calcular que:

- **Energía consumida:** 0,74 kW total, teniendo en cuenta el consumo del ordenador y de la aplicación.
- **Dióxido de carbono generado:** 604 g CO₂.
- **Tinta impresión consumida:** 0.2 ml.
- **Papel consumido:** 50 g.

De igual forma se debe calcular para las tareas restantes siempre que se conozcan los datos necesarios. Una vez se han utilizado las medidas base para conocer la sostenibilidad de cada una de las tareas del proceso se puede proceder a evaluar la sostenibilidad de un caso de ejecución concreto empleando las medidas derivadas que se muestran en la Tabla 5.17. La traza de tareas seguidas en el caso de ejecución de ejemplo será: Tarea1 – Tarea 2 – Tarea 3 – Tarea 4 – Tarea 5 – Tarea 6 – Tarea 2 – Tarea 7. Por simplificar el ejemplo, para calcular la sostenibilidad de este caso de ejecución solo se usarán las siguientes medidas derivadas:

- **Md1** – Energía total consumida en el caso concreto.
- **Md4** – Actividad que más energía consume en promedio en el caso.
- **Md8** – Cantidad de emisiones generadas en la ejecución del caso.
- **Md9** – Actividad que genera más cantidad de emisiones en el caso de ejecución.

Teniendo en cuenta, los datos obtenidos de las medidas base empleadas, que se pueden observar en la simulación del *log* de ejecución que se adjunta en el Anexo E, el cual contiene la información del caso de ejecución descrito anteriormente, podemos realizar los cálculos correspondientes para obtener los resultados de las medidas derivadas elegidas:

- **Md1** – Para calcular la energía total consumida para la ejecución del caso de ejemplo es necesario realizar la suma de cada una de las tareas:

$$\mathbf{Md1 = \Sigma \text{energía consumida (Tarea } i)}$$

$$\mathbf{Md1 = 0.37 + 0.065 + 0.365 + 0.065 + 0.37 + 0.365 + 0.065 + 0.065 = 1.73 \text{ kWh}}$$

- **Md4** – La tarea que más energía consume en promedio en el caso es la **Tarea 5**, rellenar documentación de recogida, ya que consume **0.37 kWh**.

- **Md8** – Para el caso de ejecución del ejemplo, la cantidad de emisiones generada total es el sumatorio de las emisiones por cada una de las tareas:

$$\mathbf{Md9 = \Sigma \text{emisiones generadas (Tarea } i)}$$

$$\mathbf{Md9 = 33 + 10000 + 33 + 302 + 12000 + 33 + 33 + 302 = 22736 \text{ g. CO}_2.$$

- **Md9** – La tarea que genera más cantidad de emisiones es la **Tarea 4**, Ir a recoger el paciente seleccionado, generando **12000 g. CO₂**.

Una vez definidas las medidas que se pueden emplear para evaluar la sostenibilidad es necesario incluirlas en los procesos de negocio. En el siguiente apartado se plantea como extender los *logs* de ejecución incluyendo las medidas base anteriormente definidas, con el propósito de que los *logs* representen la sostenibilidad de los procesos que son ejecutados en un BPMS.

5.3.2 Extensión de los *logs* de ejecución

Tal y como se planteó en los objetivos del presente trabajo, se debe dar soporte a la sostenibilidad en los procesos de negocio a través de los *logs* de ejecución que hayan sido generados por los BPMS. La extensión se realizará en los *logs* con el formato estándar XES (*eXtensible Event Stream*), ya que es el estándar más reciente y que empieza a ser ampliamente aceptado como formato estándar de los archivos de *logs* de ejecución.

XES es un estándar, basado en XML, para el registro de eventos. Su propósito es proporcionar un formato reconocido para el intercambio de datos de registro de eventos entre herramientas.

La estructura básica de un documento XES sigue la estructura universal de la información del registro de eventos. En la Figura 5.9 se muestra un ejemplo de lo que puede ser la estructura del *logs* de ejecución de uno de los eventos del proceso de negocio del ejemplo de la sección 5.3.1.1. Se puede observar como el *logs* está formado por trazas que contienen a su vez eventos. Los eventos del *logs* se corresponden con la ejecución de cada una de las tareas.

Los eventos están formados por atributos. La Figura 5.9 muestra el ejemplo de la ejecución de un evento el cual contiene como atributos el recurso que ejecuta la tarea, el tiempo en el que ocurre y el nombre de la tarea a realizar, en este caso se corresponde con la tarea del ejemplo *evaluar solicitud de recogida*. También incluye información sobre si el evento es de inicio o de finalización y el coste que conlleva la ejecución de dicho evento.

La Figura 5.10 muestra un fragmento del *logs* de ejecución en formato XES, donde puede observarse como se refleja la ejecución de una tarea dentro de una de las trazas.

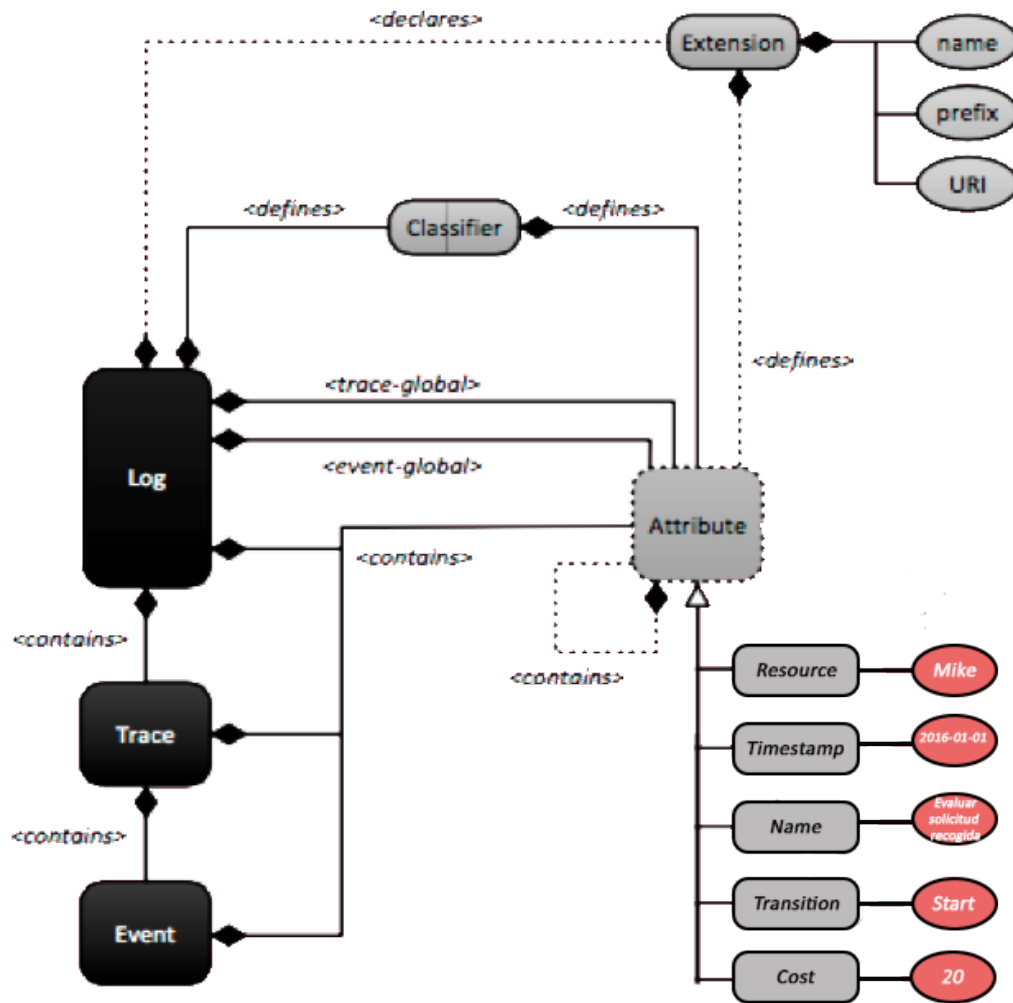


Figura 5.9 Estructura básica de un logs de ejecución con formato XES

```

<trace>
  <string key="concept:name" value="1"/>
  <event>
    <string key="org:resource" value="Mike"/>
    <date key="time:timestamp" value="2016-01-01"/>
    <string key="concept:name" value="Evaluar solicitud de recogida"/>
    <string key="lifecycle:transition" value="start"/>
    <string key="costs" value="20"/>
  </event>
</trace>
    
```

Figura 5.10 Fragmento logs de ejecución con formato XES

En este trabajo se pretende que los *logs* de ejecución den soporte a indicadores de sostenibilidad de las tareas que han sido ejecutadas en los sistemas BPMS. Para ello es necesario realizar una extensión del estándar XES, de forma que se añadan más atributos para los eventos. Los nuevos atributos incluirán la información sobre las medidas empleadas para evaluar la sostenibilidad de cada tarea ejecutada.

En la Figura 5.11 se muestra la estructura de un *logs* de ejecución extendido, de modo que incluye los atributos que dan soporte a la sostenibilidad para la Tarea 2 del ejemplo de la sección 5.3.1.1. Como se puede observar los atributos que están representados en verde son los que se han añadido, de forma que se ha extendido el *logs* dando soporte a las dos medidas de sostenibilidad que se pueden obtener para las entidades de la Tarea 2.

La Figura 5.12 muestra un fragmento de un *logs* de ejecución extendido, que añade los nuevos atributos del evento que se muestran en la Figura 5.11, incluyendo el valor de dichas medidas.

En este fragmento podemos ver que, a los atributos que ya teníamos anteriormente, se han incluido dos nuevos atributos, de modo que el *logs* da soporte a la sostenibilidad de una tarea de un proceso de negocio. De igual forma, el *logs* de ejecución debe incluir los nuevos atributos de cada una de las tareas, en función de las medidas de sostenibilidad que sean relevantes en cada una de ellas.

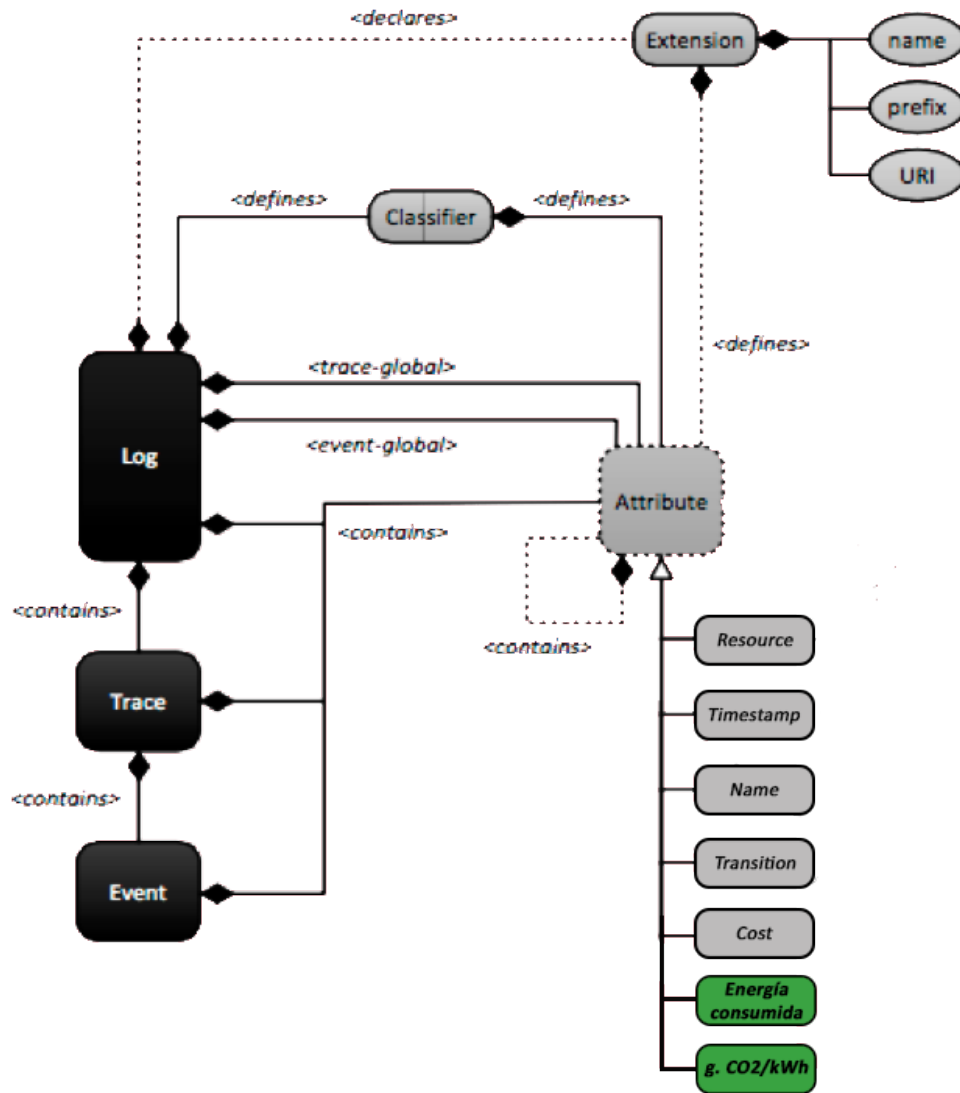


Figura 5.11 Estructura base de un logs de ejecución extendido

```

<trace>
  <string key="concept:name" value="1"/>
  <event>
    <string key="org:resource" value="Mike"/>
    <date key="time:timestamp" value="2016-01-01"/>
    <string key="concept:name" value="Evaluar solicitud de recogida"/>
    <string key="lifecycle:transition" value="start"/>
    <string key="costs" value="20"/>
    <string key="Energía consumida (kW)" value="0.73"/>
    <string key="gCO2" value="302"/>
  </event>

```

Figura 5.12 Fragmento de logs de ejecución extendido para dar soporte a sostenibilidad

Una vez se ha realizado la extensión de los *logs* de ejecución, de manera que registren los valores de las medidas seleccionadas para evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio, pueden ser empleados dar soporte a la gamificación de los procesos en el contexto de la sostenibilidad. En el siguiente apartado se describen los resultados de la fase 3, donde se explican las modificaciones que se han llevado a cabo en la herramienta BPMS-Game para permitir dicha gamificación de los PNs.

5.4. Fase 3. Diseño y desarrollo

En esta fase se realizan las modificaciones necesarias en la herramienta BPMS-Game [12, 13] con el objetivo de que dicha herramienta incluya medidas de sostenibilidad para poder realizar una gamificación teniendo en cuenta la sostenibilidad de los procesos.

Antes de comenzar a modificar la herramienta, se han fijado que aspectos son necesarios añadir para que de soporte los indicadores de sostenibilidad en un proceso de negocio, identificando dos posibles modificaciones:

- En primer lugar, la herramienta debe ser capaz de procesar los nuevos *logs* de ejecución extendidos, de manera que recoja la información de las medidas de sostenibilidad que se ha añadido al *log*.
- Una vez, la herramienta tenga almacenada en la base de datos la información de las medidas de sostenibilidad del proceso, debe permitir al administrador generar nuevas reglas de juego que incluyan dichos indicadores, lo que permite que posteriormente se realice una gamificación del proceso teniendo en cuenta esta nueva información.

Una vez se han identificado los cambios a realizar, se ha elaborado un análisis de la documentación existente y de la herramienta, para así definir que clases son las que deben ser modificadas para que la herramienta cumpla los nuevos requisitos. La Figura 5.13 muestra el diagrama de modelo de la herramienta, y las entidades que aparecen en color azul es donde se han realizado las modificaciones necesarias.

5.5. Fase 4 y 5. Demostración y evaluación

En este apartado se describe las acciones que se han llevado a cabo en la Fase 4 y 5, debido a que, por la naturaleza del trabajo, se ha considerado unir estas dos fases, ya que la realización de un caso de ejemplo que demuestre las contribuciones realizadas, también permite evaluar el cumplimiento de los objetivos marcados.

En primer lugar, se realizó una propuesta de un conjunto de medidas base y derivadas que permitan evaluar la sostenibilidad en la ejecución de un proceso de negocio. Esta lista de medidas ha sido posteriormente empleada para extender los *logs* de ejecución en formato estándar XES, de manera que dieran soporte a la sostenibilidad de los PNs. También se han utilizado alguna de estas medidas para ampliar la herramienta BPMS-Game, dando lugar a Green BPMS-Game, que permite realizar una gamificación teniendo en cuenta diferentes medidas de sostenibilidad de los PNs.

Para validar y comprobar que las medidas propuestas eran útiles se realizó un sencillo ejemplo en el que se evalúa la sostenibilidad para un caso concreto de ejecución de un PN. Este ejemplo se describe en el apartado 5.3.1.3 del presente capítulo.

Una vez definidas las medidas e incluidas en la extensión de *logs* de ejecución se modificó la herramienta BPMS-Game, creando una herramienta que permite emplear la gamificación para promover la sostenibilidad en los PN.

En el siguiente subapartado se muestra un sencillo caso de ejemplo, donde se puede observar las modificaciones que se han llevado a cabo.

5.5.1 Caso de ejemplo con la herramienta

En este apartado se muestra los resultados de realizar un caso de ejemplo básico con la herramienta, tratando de demostrar que se han cumplido los objetivos propuestos

En primer lugar, vamos a acceder a la aplicación con el rol de administrador para poder crear nuevas reglas de juego, con las medidas de sostenibilidad que han sido introducidas en la herramienta como indicadores. En la Figura 5.14 se muestra

como la herramienta ya permite al administrador elegir las medidas de sostenibilidad (recuadro rojo) que han sido elegidas para incluirse en la herramienta.

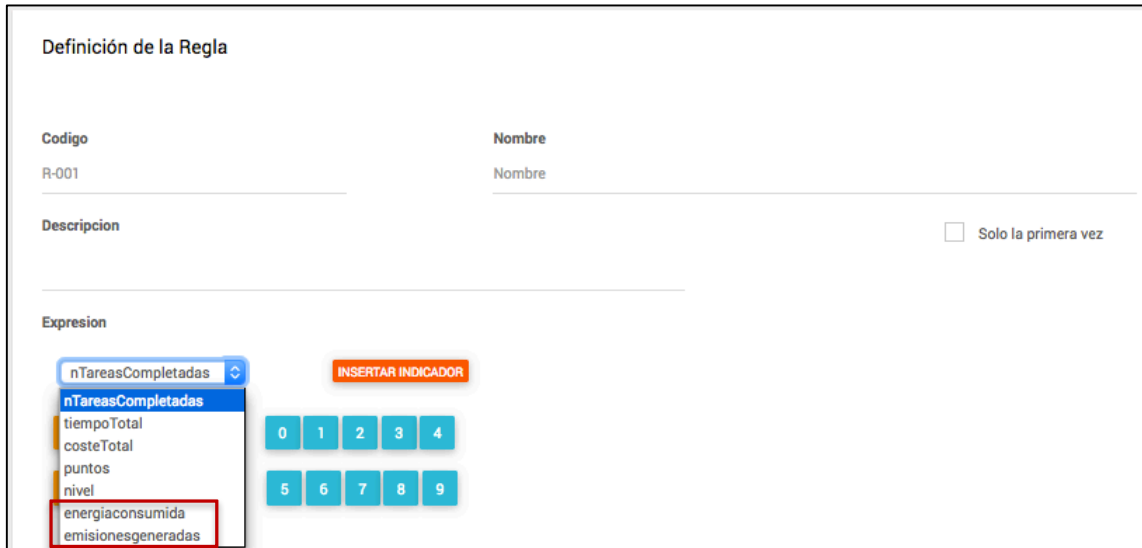


Figura 5.14 Indicadores de sostenibilidad herramienta Green BPMS-Game

Antes de crear las reglas usando los nuevos indicadores de sostenibilidad se va a crear unas insignias que sirvan de recompensas para las nuevas reglas que el administrador definirá después. En la Figura 5.15 se puede ver la creación la insignia.

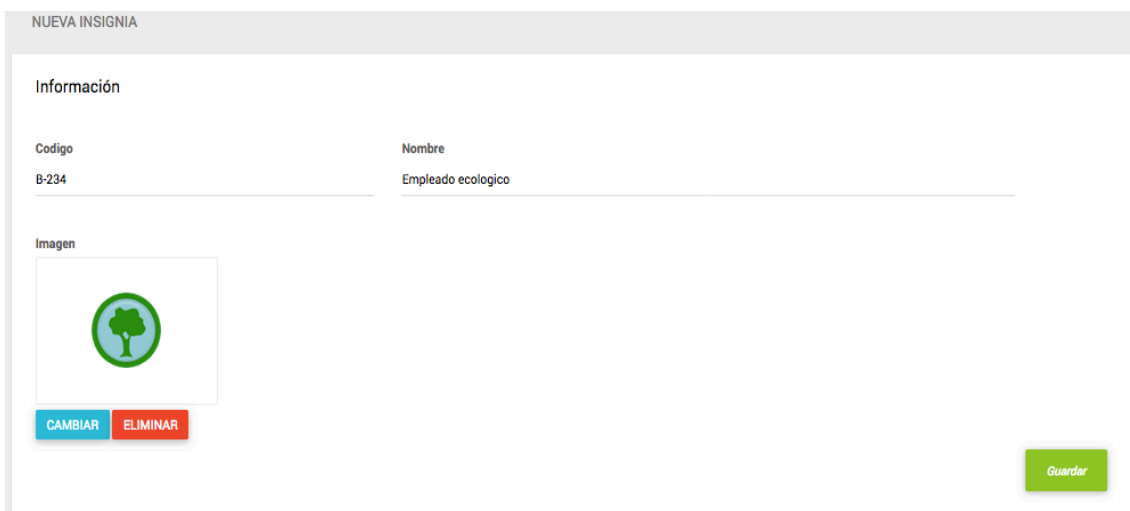


Figura 5.15 Creación insignia trabajador ecológico

Una vez el administrador ha creado la insignia, va a proceder a la creación de una nueva regla utilizando los nuevos indicadores, tal y como se muestra en la Figura 5.16.

The screenshot shows a web interface for creating a new rule. It is divided into several sections:

- Codigo:** R-010
- Nombre:** Energia consumida menor que 50 kWh
- Descripcion:** Esta regla pretende recompensar a los usuarios que en sus tareas hayan consumido menos de 50 kWh en la ejecución de sus tareas
- Expresion:** A calculator interface where the selected indicator is 'energiaconsumida'. The expression entered is 'energiaconsumida<50'. The interface includes buttons for mathematical operations (+, -, /, *, ^, (,), =, >, <) and a numeric keypad (0-9). A red button labeled 'INSERTAR INDICADOR' is also present.
- Expresion seleccionada:** energiaconsumida<50
- LIMPIAR:** A red button to clear the expression.
- Recompensa Asociada:** Radio buttons for 'Puntos', 'Niveles', and 'Insignia'. The 'Insignia' option is selected.
- Recompensa:** A dropdown menu with 'Empleado ecologico' selected.

Figura 5.16 Creación nueva regla sostenible

Como se puede en la Figura 5.16, se ha creado una nueva regla, que tiene como recompensa una insignia a todos los empleados que hayan consumido menos de 50 kWh en la ejecución de sus tareas.

Una vez el administrador haya creado las reglas de sostenibilidad, la aplicación se encarga automáticamente de evaluar dichas reglas y asigna las recompensas a cada uno de los jugadores que las haya superado, realizando de este modo la gamificación.

En la Figura 5.17 se puede observar como la jugadora Anne Martí ha superado las dos reglas que habían sido creadas por el administrador anteriormente relacionadas con la sostenibilidad.

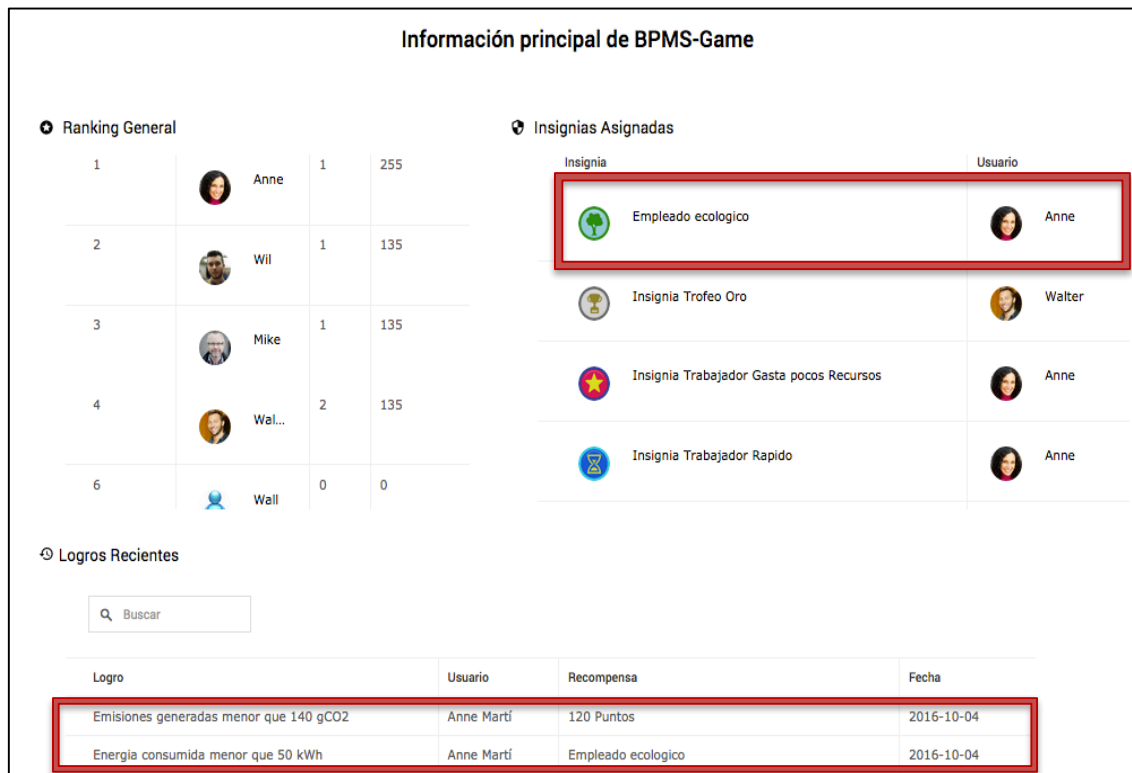


Figura 5.17 Visualización resultados obtenidos tras la evaluación de las reglas de sostenibilidad

Como conclusión, después de la realización de este caso de ejemplo básico podemos afirmar que las contribuciones desarrolladas durante el presente trabajo han cumplido con los objetivos propuesto, dando lugar a la herramienta Green BPMS-Game que hace uso de la lista de medidas propuesta, de la extensión de los *logs* de ejecución y de la propia herramienta BPMS-Game, después de realizar las modificaciones necesarias. Finalmente, podemos concluir que la herramienta Green BPMS-Game hace uso de la gamificación para tratar de promover la sostenibilidad en los procesos de negocio.

5.6. Fase 6. Comunicación

En esta última fase trata de comunicar el problema que se plantea y las distintas contribuciones que se han desarrollado para dar solución a dicho problema. Como se explicó en el capítulo 4, para comunicar los resultados obtenidos a los investigadores y otro público relevante se pueden distinguir dos tipos de publicaciones: las publicaciones de investigación académica, que tienen como fin informar a otros investigadores e interesados de la situación sobre el problema y que así puedan seguir trabajando en él, o publicaciones profesionales, empleadas en un ámbito laboral. Para el caso del presente trabajo se ha optado por comunicarlo a través de publicaciones académicas, al tratarse de un TFM.

Como principal publicación para exponer los resultados obtenidos en la realización del trabajo se ha elaborado el presente documento, que también sirve como memoria final del trabajo de fin de master.

También se realizó, este mismo año, una publicación para las Jornadas de Ciencia e Ingeniería de Servicios (JCIS 2016), donde se presentaba la parte de la aplicación de la gamificación de los procesos, sin incluir los resultados relativos a la evaluación de la sostenibilidad. Además, se tiene previsto elaborar numerosas divulgaciones académicas que puedan ser publicadas en diferentes congresos, nacionales o internacionales, y revistas relacionadas con el tema abordado en el presente trabajo.

6. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

En este capítulo se analiza el grado de cumplimiento de los objetivos que han sido definidos al inicio del proyecto, en el capítulo 2 de la presente memoria. Además, se presentan una serie de propuestas de trabajo futuro, siguiendo con la misma línea de trabajo. Para finalizar, se incluye la opinión personal del autor del TFM tras la finalización del mismo.

6.1 Análisis de la consecución de los objetivos

El objetivo principal marcado al inicio del presente TFM era el **desarrollo de un entorno que promueva la sostenibilidad de los procesos de negocio mediante el empleo de la gamificación**, incorporando distintos aspectos de juego con el fin de fomentar que los usuarios de las plataformas BPMS sean más respetuosos con el medioambiente en su trabajo cotidiano.

Podemos afirmar que el objetivo principal ha sido totalmente alcanzado con el desarrollo del presente trabajo. Para satisfacer este objetivo ha sido necesario lograr los objetivos parciales que habían sido propuestos, los cuales se pueden ver resumidos en la Tabla 6.1.

Id Objetivo	Objetivo	Consecución
Ob1	Conocer las distintas medidas de sostenibilidad	✓
Ob2	Soporte a la sostenibilidad a través de los <i>logs</i> de ejecución	✓
Ob3	Desarrollo de una herramienta que de soporte a la gamificación de los procesos de negocio teniendo en cuenta la sostenibilidad.	✓

Tabla 6.1 Consecución de los objetivos parciales del TFM

A continuación, se muestran las evidencias de que los objetivos parciales se han desarrollado, dando lugar al cumplimiento del objetivo principal.

- El **Ob1**, conocer las distintas medidas de sostenibilidad existentes, se ha cumplido mediante el desarrollo de una revisión sistemática de la literatura, que ha permitido encontrar las medidas relevantes existentes, para posteriormente analizar cuáles de ellas podían adaptarse para evaluar la sostenibilidad en los procesos de negocio. La evidencia de que este objetivo se ha cumplido se puede observar en el capítulo 5, en la sección 5.2, que se corresponde con la fase 1 de la metodología empleada.
- El **Ob2**, soporte a la sostenibilidad a través de los *logs* de ejecución, se ha alcanzado con la extensión de los archivos de ejecución en formato estándar XES. Con la extensión estos archivos han incluido los valores de las medidas que han sido identificadas gracias al cumplimiento del Ob1 de manera que dan soporte para poder evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio. La evidencia del cumplimiento de este objetivo se expone en el capítulo 5, sección 5.3.2.
- Para finalizar, el **Ob3**, desarrollo de una herramienta que de soporte a la gamificación teniendo en cuenta la sostenibilidad, se ha logrado gracias a la ampliación de la herramienta BPMS-Game, ya que con ella se permite gamificar los procesos de negocio en función de los valores de sostenibilidad que se han sido extraídos de los *logs* de ejecución. La evidencia de que este objetivo parcial se ha superado se puede observar en las secciones 5.4 y 5.5, pertenecientes al capítulo 5.

A partir de todas las evidencias mostradas, se puede concluir que todos los objetivos parciales han sido superados, y por tanto se ha logrado la consecución del objetivo principal del presente TFM.

6.2 Propuestas de trabajo futuro

El desarrollo del presente TFM sirve como base para el desarrollo de la futura tesis doctoral que el autor del mismo llevará a cabo en los próximos años. En ella se pretende seguir con esta línea de investigación, ya que como se mencionó en la introducción es un tema que en los últimos años está cobrando gran importancia y en la actualidad no se ha presentado ningún estudio sobre ello.

Como propuestas de trabajo futuro, que serán incluidas en la tesis a desarrollar, se pretende definir un conjunto de indicadores que sirvan como modelo de análisis para poder valorar si el resultado de sostenibilidad obtenido es aceptable o no, o dar un grado sobre el cumplimiento de la misma. Otro de los objetivos a desarrollar como trabajo futuro es la creación de un modelo de calificación energética de los procesos de negocio, similar al empleado en otros ámbitos (viviendas, electrodomésticos, etc.), que permita asignar una nota cuantitativa a los procesos de negocio, en función de la evaluación de su sostenibilidad.

6.3 Opinión del autor

Durante el desarrollo del presente TFM se realizaron una serie de actividades ligadas a la investigación, lo que me ha permitido descubrir una visión nueva y diferente sobre la ingeniería informática, y la importancia que conlleva la investigación para después poder implantarlo en los entornos empresariales.

El desarrollo de este trabajo ha conseguido aumentar en mí el interés hacia la investigación hasta el punto de tener en deseo de continuar mi formación con la realización de una tesis.

Ciudad Real, a 3 de octubre del 2016

Fdo.: Javier Mancebo Pavón

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. H. Brundtland, "Report of the World Commission on environment and development: our common future," United Nations 1987.
- [2] M. Dick, J. Drangmeister, E. Kern, and S. Naumann, "Green software engineering with agile methods," presented at the Proceedings of the 2nd International Workshop on Green and Sustainable Software, San Francisco, California, 2013.
- [3] C. Houy, M. Reiter, P. Fettke, and P. Loos, "Towards Green BPM – Sustainability and Resource Efficiency through Business Process Management," in *Business Process Management Workshops: BPM 2010 International Workshops and Education Track, Hoboken, NJ, USA, September 13-15, 2010, Revised Selected Papers*, M. zur Muehlen and J. Su, Eds., ed Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 501-510.
- [4] W. Binder and N. Suri, "Green Computing: Energy Consumption Optimized Service Hosting," in *SOFSEM 2009: Theory and Practice of Computer Science: 35th Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science, Špindlerův Mlýn, Czech Republic, January 24-30, 2009. Proceedings*, M. Nielsen, A. Kučera, P. B. Miltersen, C. Palamidessi, P. Tůma, and F. Valencia, Eds., ed Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 117-128.
- [5] M. Weske, *Business Process Management - Concepts, Languages, Architectures*: Springer, 2007.
- [6] K. Hoesch-Klohe, A. Ghose, and L. Lam-Son, "Towards Green Business Process Management," in *Services Computing (SCC), 2010 IEEE International Conference on*, 2010, pp. 386-393.
- [7] S. Seidel, J. Recker, and J. vom Brocke, "Green Business Process Management," in *Green Business Process Management: Towards the Sustainable Enterprise*, J. vom Brocke, S. Seidel, and J. Recker, Eds., ed Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 3-13.
- [8] J. Recker, "Green, Greener, BPM?," *BPTrends*, vol. 5, pp. 1-8, 2011.
- [9] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, "From game design elements to gamefulness: defining gamification," in *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*, 2011, pp. 9-15.
- [10] A. El-Khuffash, "Gamification Report," 2013.
- [11] O. Pereira, F. Garcia, N. R. Brisaboa, and M. Piattini, "Gamification in software engineering – A systematic mapping," 2014.
- [12] J. Mancebo, "BPMS-Game: Herramienta para la Gamificación de Procesos de Negocio," 2015.
- [13] J. Mancebo and F. Garcia, "BPMS-Game: Herramienta para la Gamificación de Procesos de Negocio," presented at the XII Jornadas de Ciencia e Ingeniería de Servicios (JCIS), 2016.

- [14] XES. (13/05/2015). *Sitio Web Oficial Estandar XES*. Available: <http://www.xes-standard.org/>
- [15] M. Hammer and J. Champy, *Reingeniería de Procesos*: Grupo Editorial Norma, 1993.
- [16] ABPMP, "Guía de Referencia: BPM Common Body of Knowledge," ed: Asociación Internacional de Profesionales de BPM, 2009.
- [17] J. R. País, *BPM. Como alcanzar la agilidad y eficiencia operacional a través de BPM y la empresa orientada a procesos*: Pedro Robledo, 2013.
- [18] P. Ravesteyn and J. Versendaal, "Success Factors of Business Process Management Systems Implementation," in *ACIS 2007 Proceedings*, 2007.
- [19] M. Dumas, M. L. Rosa, J. Mendling, and H. A. Reijers, *Fundamentals of business process management*: Springer, 2013.
- [20] M. Reiter, P. Fettke, and P. Loos, "Towards green business process management: Concept and implementation of an artifact to reduce the energy consumption of business processes," in *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2014, pp. 885-894.
- [21] N. E. Opitz, Koray; Langkau, Tobias F.; Kolbe, Lutz & Zarnekow, Rüdiger, "Kick-starting Green Business Process Management - Suitable Modeling Languages and Key Processes for Green Performance Measurement," in *Association for Information Systems*, 2012.
- [22] S. Betz and T. Caporale, "Sustainable Software System Engineering," in *Big Data and Cloud Computing (BdCloud), 2014 IEEE Fourth International Conference on*, 2014, pp. 612-619.
- [23] M. Thomas, D. Costa, and T. Oliveira, "Assessing the role of IT-enabled process virtualization on green IT adoption," *Information Systems Frontiers*, vol. 18, pp. 693-710, 2016.
- [24] S. Aleksic, "Green ICT for sustainability: A holistic approach," in *Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2014 37th International Convention on*, 2014, pp. 426-431.
- [25] C. Cappiello, M. Fugini, A. M. Ferreira, P. Plebani, and M. Vitali, "Business process co-design for energy-aware adaptation," in *Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2011 IEEE International Conference on*, 2011, pp. 463-470.
- [26] F. Löser, "Green IT and Green IS: Definition of Constructs and Overview of Current Practices," in *Proceedings of the 19th Americas Conference on Information Systems*, 2013.
- [27] J. Recker, M. Rosemann, A. Hjalmarsson, and M. Lind, "Modeling and Analyzing the Carbon Footprint of Business Processes," in *Green Business Process Management: Towards the Sustainable Enterprise*, J. vom Brocke, S. Seidel, and J. Recker, Eds., ed Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 93-109.

- [28] T. Johann, M. Dick, S. Naumann, and E. Kern, "How to measure energy-efficiency of software: Metrics and measurement results," in *Green and Sustainable Software (GREENS), 2012 First International Workshop on*, 2012, pp. 51-54.
- [29] M. Á. Moraga and M. F. Bertoa, "Green Software Measurement," in *Green in Software Engineering*, C. Calero and M. Piattini, Eds., ed Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 261-282.
- [30] S. Seidel and J. Recker, "Implementing green business processes: The importance of functional affordances of information systems," in *ACIS 2012 : Proceedings of the 23rd Australasian Conference on Information Systems*, 2012.
- [31] G. Zichermann and C. Cunningham, *Gamification by desing*: O'Reilly, 2011.
- [32] K. M. Kapp, *The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*: Pfeiffer, 2012.
- [33] J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, "Does Gamification Work? -- A Literature Review of Empirical Studies on Gamification," in *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2014, pp. 3025-3034.
- [34] K. Werbach and D. Hunter, *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*: Wharton Digital Press, 2012.
- [35] K. Werbach and D. Hunter, *The Gamification Toolkit: Dynamics, Mechanics, and Components for the Win*: Wharton Digital Press, 2015.
- [36] K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, and S. Chatterjee, "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research," *Journal of Management Information Systems*, vol. 24, pp. 45-78, 2006.
- [37] C. Lawrence, T. Tuunanen, and M. D. Myers, "Extending Design Science Research Methodology for a Multicultural World," in *Human Benefit through the Diffusion of Information Systems Design Science Research: IFIP WG 8.2/8.6 International Working Conference, Perth, Australia, March 30 – April 1, 2010. Proceedings*, J. Pries-Heje, J. Venable, D. Bunker, N. L. Russo, and J. I. DeGross, Eds., ed Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 108-121.
- [38] B. Kitchenham, R. Pretorius, D. Budgen, O. P. Brereton, M. Turner, M. Niazi, *et al.*, "Systematic literature reviews in software engineering - A tertiary study," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 52, pp. 792-805, 2010.
- [39] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering," Keele University and Durham University Joint Report2007.
- [40] M. Genero, J. A. Cruz-Lemus, and M. Piattini, "Revisiones sistemáticas de la literatura," in *Métodos de investigación en ingeniería del software*, Ra-Ma, Ed., ed, 2014.
- [41] B. Kitchenham and P. Brereton, "A systematic review of systematic review process research in software engineering," *Information and Software Technology*, vol. 55, pp. 2049-2075, 12// 2013.

- [42] B. A. Kitchenham, D. Budgen, and O. Pearl Brereton, "Using mapping studies as the basis for further research – A participant-observer case study," *Information and Software Technology*, vol. 53, pp. 638-651, 6// 2011.
- [43] K. Petersen, S. Vakkalanka, and L. Kuzniarz, "Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update," *Information and Software Technology*, vol. 64, pp. 1-18, 8// 2015.
- [44] P. Brereton, B. A. Kitchenham, D. Budgen, M. Turner, and M. Khalil, "Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain," *Journal of Systems and Software*, vol. 80, pp. 571-583, 4// 2007.
- [45] C. Wohlin, "Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering," presented at the Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, London, England, United Kingdom, 2014.
- [46] E. Capra, C. Francalanci, and S. A. Slaughter, "Is software "green"? Application development environments and energy efficiency in open source applications," *Information and Software Technology*, vol. 54, pp. 60-71, 1// 2012.
- [47] J. Freund, Freund-Ruecker-Hitpass, B. Rucker, and B. Hitpass, *BPMN 2.0 Manual de Referencia y Guía Práctica*, 4ª ed.: BPM center, 2014.
- [48] OMG-BPMN, "Business Process Model and Notation (BPMN)," ed, 2011.
- [49] F. García, M. F. Bertoa, C. Calero, A. Vallecillo, F. Ruíz, M. Piattini, *et al.*, "Towards a consistent terminology for software measurement," *Information and Software Technology*, vol. 48, pp. 631-644, 8// 2006.

A. Diagrama de Gantt y seguimiento del proyecto

En este anexo muestra el diagrama de Gantt utilizado para la planificación y un breve seguimiento temporal del proyecto.

La Figura A.1 se puede observar el diagrama de Gantt. Para comprender mejor el diagrama es necesario tener en cuenta que:

- El inicio del proyecto se fijó para el 18 de abril del 2016.
- La finalización del proyecto estaba marcada para el día 1 de octubre del 2016.
- La jornada de trabajo fijada es de 3.5 horas diarias.
- Se ha tenido en cuenta el calendario laboral, con la semana laboral de lunes a viernes.
- A parte de los días festivos, también se han fijado como días no laborables del 8 al 12 de agosto, debido a las vacaciones.

Como se puede observar en el diagrama, también aparece marcado el seguimiento temporal del proyecto (barra verde), en el cual se puede observar que todas las fases han ido cumpliendo los plazos estimados, salvo la Fase 1, que terminó antes de lo previsto, lo que permitió que para la Fase 2 se pudiera dedicar algo más de tiempo de lo que había sido estimado.

Debido al tiempo dedicado a las últimas revisiones de la documentación, la Fase 6 se ha extendido, finalizando el proyecto 4 de octubre, tres días después de lo que se había estimado, siendo necesario un total de 485 horas para el desarrollo completo del trabajo.

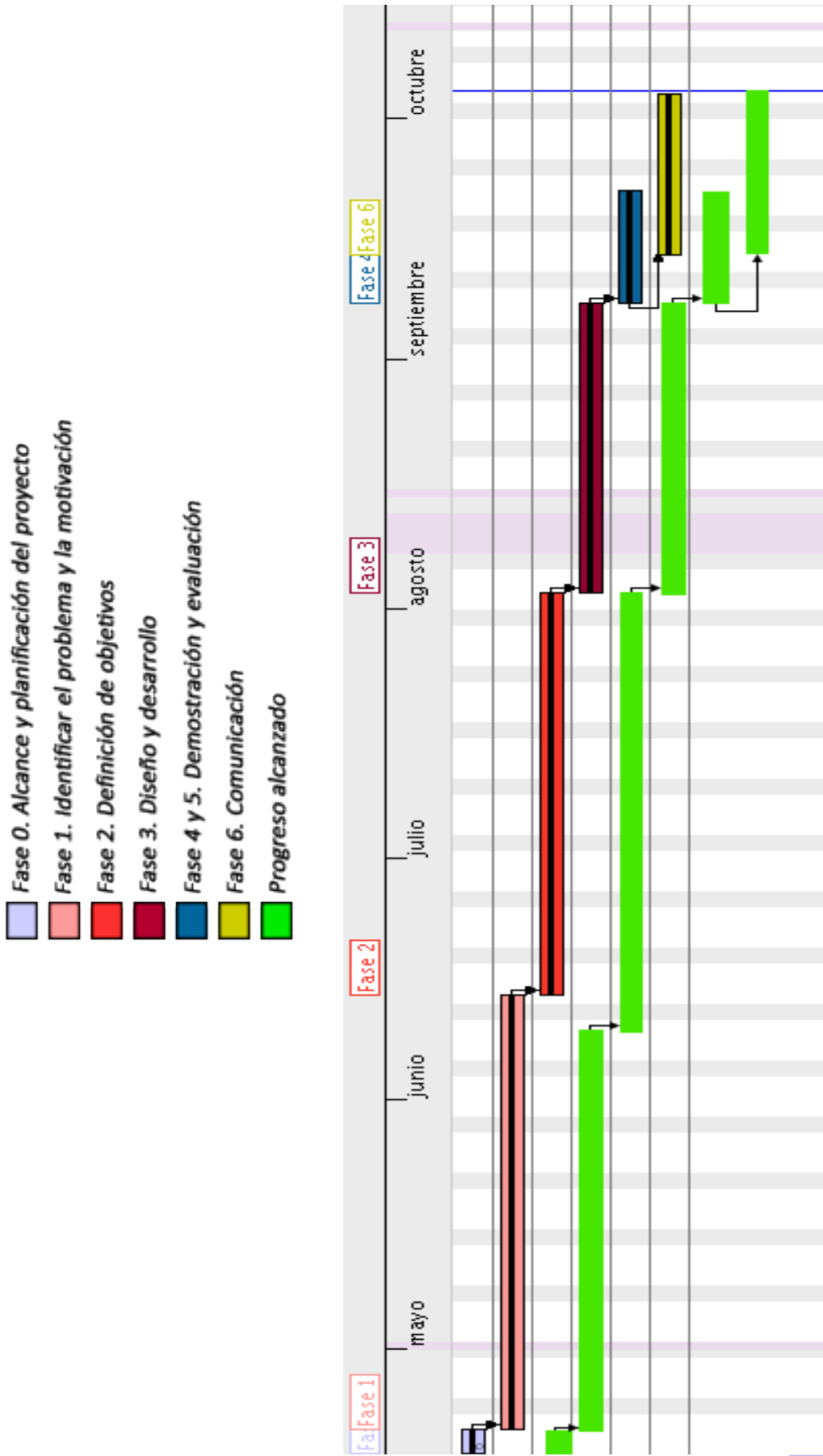


Figura A.1 Diagrama de Gantt del proyecto

B. Listado de estudios primarios seleccionados

En este anexo se enumeran los 12 estudios que fueron seleccionados como primarios en la SLR llevada a cabo.

- [SLR1] M. Thomas, D. Costa, and T. Oliveira, "Assessing the role of IT-enabled process virtualization on green IT adoption," *Information Systems Frontiers*, vol. 18, pp. 693-710, 2016
- [SLR2] S. Betz and T. Caporale, "Sustainable Software System Engineering," in *Big Data and Cloud Computing (BdCloud), 2014 IEEE Fourth International Conference on*, 2014, pp. 612-619.
- [SLR3] S. Aleksic, "Green ICT for sustainability: A holistic approach," in *Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2014 37th International Convention on*, 2014, pp. 426-431.
- [SLR4] F. Löser, "Green IT and Green IS: Definition of Constructs and Overview of Current Practices," in *Proceedings of the 19th Americas Conference on Information Systems*, 2013.
- [SLR5] S. Seidel and J. Recker, "Implementing green business processes: The importance of functional affordances of information systems," in *ACIS 2012 : Proceedings of the 23rd Australasian Conference on Information Systems*, 2012.
- [SLR6] N. E. Opitz, Koray; Langkau, Tobias F.; Kolbe, Lutz & Zarnekow, Rüdiger, "Kick-starting Green Business Process Management - Suitable Modeling Languages and Key Processes for Green Performance Measurement," in *Association for Information Systems*, 2012.
- [SLR7] J. Recker, M. Rosemann, A. Hjalmarsson, and M. Lind, "Modeling and Analyzing the Carbon Footprint of Business Processes," in *Green Business Process Management: Towards the Sustainable Enterprise*, J. vom Brocke, S. Seidel, and J. Recker, Eds., ed Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 93-109
- [SLR8] C. Cappiello, M. Fugini, A. M. Ferreira, P. Plebani, and M. Vitali, "Business process co-design for energy-aware adaptation," in *Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2011 IEEE International Conference on*, 2011, pp. 463-470

- [SLR9]** K. Hoesch-Klohe, A. Ghose, and L. Lam-Son, "Towards Green Business Process Management," in *Services Computing (SCC), 2010 IEEE International Conference on*, 2010, pp. 386-393.
- [SLR10]** M. Reiter, P. Fettke, and P. Loos, "Towards green business process management: Concept and implementation of an artifact to reduce the energy consumption of business processes," in *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2014, pp. 885-894.
- [SLR11]** T. Johann, M. Dick, S. Naumann, and E. Kern, "How to measure energy-efficiency of software: Metrics and measurement results," in *Green and Sustainable Software (GREENS), 2012 First International Workshop on*, 2012, pp. 51-54.
- [SLR12]** M. Á. Moraga and M. F. Bertoa, "Green Software Measurement," in *Green in Software Engineering*, C. Calero and M. Piattini, Eds., ed Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 261-282.

C. Plantillas de extracción

En este anexo se adjuntas todas las plantillas de extracción completas que han sido empleadas para poder extraer la información necesaria para llevar a cabo la SLR, de todos los estudios primarios elegidos.

Información	
Documento Id.	1
Título	Assessing the role of IT-enabled process virtualization on green IT adoption
Autor(es)	Thomas, M., Costa, D., Oliveira, T.
Año de publicación	2015
Tipo de publicación	Journal
Lugar de publicación	Information Systems Frontiers
Resumen	Las herramientas y prácticas de las tecnologías de la información (TI) <i>Green</i> contribuyen a la sostenibilidad del medio ambiente y de los procesos de negocio de virtualización. Para asegurarse de que las capacidades de virtualización del proceso TI habilitado impactan en las iniciativas <i>Green</i> de TI de la organización, Bose y Luo, en 2011, propusieron un modelo conceptual que combina tres teorías: Marco tecnología-organización-entorno, la teoría del proceso de virtualización y la difusión de la teoría de la innovación. Se ha llevado a cabo un análisis empírico de datos de 251 empresas europeas, y se encontró que el entorno era más importante para las iniciativas de <i>Green</i> TI que la organización o el contexto de la tecnología. Diversos factores tecnológicos facilitan la virtualización de los procesos no se encontraron significativas a las iniciativas de <i>Green</i> de TI de la organización.
Extracción	
Entidades identificadas	Infraestructura TI
Atributos identificados	No presenta que atributos se deben medir
Medidas empleadas	No presenta medidas para medir la sostenibilidad.
Otros comentarios importantes	Este estudio evalúa un modelo para la adopción de <i>Green</i> TI en la virtualización de los procesos teniendo en cuenta tres contextos diferentes: el tecnológico, el organizacional, y el entorno. El trabajo no expone ni qué ni cómo se puede medir para determinar el grado de <i>Green</i> TI.

Validación	
Otros	
Caso de Estudio	El artículo presenta un estudio realizado a diferentes empresas sobre la adopción de <i>Green TI</i> .
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	1
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	0,5

Tabla C.1 Plantilla de extracción SLR1

Información	
Documento Id.	2
Título	Sustainable software system engineering
Autor(es)	Betz, S. Caporale, T.
Año de publicación	2015
Tipo de publicación	Conference paper
Lugar de publicación	4th IEEE International Conference on Big Data and Cloud Computing
Resumen	<p>La gestión de la sostenibilidad es uno de los próximos movimientos en el siglo XXI. Organizaciones públicas y privadas están interesados en encontrar y utilizar soluciones "sostenibles" y prácticas. En el siglo XXI, los sistemas de software y sus procesos de negocio subyacentes son ubicuos y fundamentales para la mayoría de las organizaciones de la sociedad industrial. Pero, hasta ahora, la sostenibilidad no ha sido considerado por la ingeniería de sistemas de software. En este documento se presenta un enfoque holístico para apoyar el ciclo de vida completo de la ingeniería del software del sistema sostenible. Para llevar a cabo este tipo de enfoque, los procesos de negocio sostenibles y sistemas de software sostenibles deben estar alineados a través del mapeo de los aspectos de sostenibilidad teniendo en cuenta sus respectivos ciclos de</p>

	<p>vida. Esto es importante ya que el software realiza una importante contribución a los procesos de negocio sostenibles y, a la inversa, el software sostenible sólo puede ser desarrollado y mantenido mediante los procesos de negocio relevantes. Por otra parte, para darse cuenta de sostenibilidad aspectos de sostenibilidad de ingeniería sistema de software conscientes deben integrarse en los procesos de negocio ciclo de vida y sistema de software de ciclo de vida de ingeniería. Con este fin, proponemos un modelo conceptual para integrar los aspectos de sostenibilidad en un lenguaje de modelado de procesos de negocio. Además, para ayudar a la hora de modelar las partes interesadas, el diseño, ejecución y control de los procesos de negocio se presentarán desarrolló un modelo de proceso. Por otra parte, la integración de los aspectos de sostenibilidad en ingeniería de software, la sostenibilidad debe tenerse en cuenta en las distintas fases del proceso de desarrollo de software: requisitos de especificación, diseño, pruebas y mantenimiento. Por lo tanto, proponemos un método para integrar la sostenibilidad en el desarrollo de software. Por último, se presenta un modelo que muestra los ciclos de vida combinados de los procesos de negocio sostenibles e ingeniería de software sostenible.</p>
Extracción	
Entidades identificadas	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicaciones SW usadas en los procesos - Infraestructura TI
Atributos identificados	<p>El documento destaca algunos ejemplos de atributos que deben ser medidos para la sostenibilidad como son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El uso de la energía. • Desechos electrónicos producidos. • Emisiones generadas. • Gasto de papel.
Medidas empleadas	No presenta ninguna medida concreta
Otros comentarios importantes	Presenta un nuevo modelo de ciclo de vida para el desarrollo software de forma que se incluya la sostenibilidad como un atributo de este ciclo de vida.
Validación	
Otros	El trabajo expone un nuevo modelo de ciclo de vida para el desarrollo de sistemas software.
Caso de Estudio	
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	

Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	1
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	1
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	0

Tabla C.2 Plantilla de extracción SLR2

Información	
Documento Id.	3
Título	Green ICT for sustainability: A holistic approach
Autor(es)	Aleksic, S.
Año de publicación	2014
Tipo de publicación	Conference paper
Lugar de publicación	37th International Convention on Information and Communication Technology
Resumen	<p>En las últimas tres décadas, el sector (TIC) tecnologías de la información y la comunicación ha estado creciendo muy rápido. No hay ningún ejemplo de ello en la historia humana que el desarrollo de una tecnología ha cambiado nuestra forma de vida de una manera tan rápida y fundamental. TIC se ha convertido en una parte integral de nuestra vida diaria incluyendo las interacciones sociales, procesos de negocio, la tecnología y la ecología. Debido al hecho de que las TIC no sólo promete enormes potencialidades, pero también conlleva riesgos, es muy importante evaluar y evaluar los sistemas y aplicaciones de las TIC en cuanto a su potencial para mejorar la productividad global de la energía de manera sostenible con cuidado.</p> <p>Este documento se centra en las tecnologías y métodos para alcanzar las redes de comunicación de bajo consumo y alto rendimiento. Principales logros y las tendencias hacia la infraestructura de red de alta eficiencia energética se revisan brevemente. Un nuevo marco integral capaz de tratar eficazmente la energía, la entropía y energía fluye en sistemas heterogéneos a través de la combinación de enfoques termodinámicos y la comunicación.</p>

Extracción	
Entidades identificadas	Infraestructura TI (redes de comunicación y los CPDs.)
Atributos identificados	Eficiencia energética
Medidas empleadas	- Potencia consumida (W) - Energía por bit consumida (W/bit/s)
Otros comentarios importantes	
Validación	
Otros	El presente documento habla de maneras de ahorrar en el consumo energético de las infraestructuras TIC.
Caso de Estudio	
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	0,5
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	0

Tabla C.3 Plantilla de extracción SLR3

Información	
Documento Id.	4
Título	Green it and green is: Definition of constructs and overview of current practices
Autor(es)	Loeser, F.
Año de publicación	2013
Tipo de publicación	Conference paper
Lugar de publicación	Proceedings of the 19th Americas Conference on Information Systems
Resumen	<p>En este trabajo, se estudia la evolución de los sistemas de información de gestión sostenible ambientalmente, se dirigió a través de los términos <i>Green TI</i> y <i>Green SI</i>. Los fundamentos teóricos de esta línea de investigación se examinan a través de una revisión de la literatura y revisado en el marco de un análisis de contenido. A continuación, una amplia gama de prácticas de Green IT prevalentes se asigna a los procesos de creación de valor específica de los departamentos de TI y se presenta en un catálogo de medidas de Green IT. Este documento proporciona una visión general de las construcciones teóricas y medidas de aplicación orientados a la práctica, facilitando con ello una previsión a ambos, académicos y profesionales.</p>
Extracción	
Entidades identificadas	- Infraestructura TI (CPDs, redes, enfriamiento de las salas)
Atributos identificados	- El consumo de papel y tinta - Consumo de los equipos informáticos - Cantidad de materiales tóxicos empleados
Medidas empleadas	No presenta medidas concretas
Otros comentarios importantes	El artículo añade una serie de iniciativas para mejorar la sostenibilidad para <i>green TI</i> , que repercute en el <i>green SI</i> .
Validación	
Otros	
Caso de Estudio	
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	El documento expone una revisión de la literatura de la situación actual del <i>Green TI</i> y <i>Green SI</i> , e incluye una lista de objetos que se pueden medir para obtener la sostenibilidad de los procesos.
Evaluación de la calidad	

¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	1
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	0,5
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	0

Tabla C.4 Plantilla de extracción SLR4

Información	
Documento Id.	5
Título	Implementing green business processes: The importance of functional affordances of information systems
Autor(es)	Seidel, S., Recker, J.
Año de publicación	2012
Tipo de publicación	Conference paper
Lugar de publicación	Proceedings of the 23rd Australasian Conference on Information Systems
Resumen	<p>Un proceso de negocio <i>Green</i>, por tanto, ambientalmente sostenible, es aquel que proporciona valor a la organización a la vez que ejerce un mínimo impacto sobre el medio ambiente. Trabajos recientes en el ámbito de los sistemas de información (SI) han argumentado que los sistemas de información pueden contribuir al diseño e implementación de procesos de negocio sostenibles. Aunque estudios anteriores han investigado cómo los sistemas de información se pueden utilizar con el fin de apoyar las prácticas de negocio sostenibles, aún existe un vacío en cuanto a los cambios reales que los procesos de negocios tienen que sufrir para conseguir ser ambientalmente sostenible, y el papel específico que los sistemas de información juegan en permitir este cambio. En este documento, proporcionamos una conceptualización de los procesos de negocio sostenibles con el medio ambiente, y se discute el papel de <i>affordances</i> funcionales de los sistemas de información para permitir que tanto los cambios incrementales y radicales con el fin de hacer que los procesos ambientalmente sostenibles. Nuestra conceptualización se basa en (a) una definición fundamental del concepto de la sostenibilidad</p>

	del medio ambiente, basado en dos componentes básicos: la fuente del medio ambiente y funciones de sumidero de cualquier proyecto o actividad, y (b) el concepto de <i>affordances</i> funcionales, que describen el potencial utiliza originarios de las propiedades del material de los sistemas de información en relación con su contexto de uso. Con el fin de ilustrar la aplicación de nuestro marco y proporcionar una primera evaluación, se analizan dos ejemplos de investigaciones anteriores, donde los sistemas de información impactaron en la sostenibilidad de los procesos de negocio.
Extracción	
Entidades identificadas	- Servicios TI empleados en los procesos - Vehículos (Avión/Coches)
Atributos identificados	- Emisiones producidas - Materia prima derrochada
Medidas empleadas	No presenta
Otros comentarios importantes	Este trabajo presenta un marco que sugiere que los sistemas de información pueden ayudar a la creación de procesos de negocio sostenible
Validación	
Otros	El documento propone un nuevo marco para alcanzar procesos sostenibles
Caso de Estudio	
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	1
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	1

Tabla C.5 Plantilla de extracción SLR5

Información	
Documento Id.	6
Título	Kick-starting green business process management - suitable modeling languages and key processes for green performance measurement
Autor(es)	Opitz, N., Ereik, K., Langkau, T.F., Kolbe, L.M., Zarnekow, R.
Año de publicación	2012
Tipo de publicación	Conference paper
Lugar de publicación	18th Americas Conference on Information Systems 2012
Resumen	<p>En este trabajo se analiza un paso inicial hacia la Gestión de Procesos de Negocio <i>Green</i>. Se dan ideas de un proyecto de investigación con el objetivo de monitorear y rediseño de los procesos de negocio de una manera ambientalmente sostenible. Utilizando el análisis de la literatura y tres casos de estudios que se derivan lenguajes y software apropiados para el modelado de procesos de negocio. Además, mostramos los procesos de negocio que pueden actuar como ejemplos clave para la supervisión de procesos <i>Green</i> y su rediseño. Los resultados muestran que las empresas pueden acumularse en el modelado de procesos y control de la energía para ser más ambientalmente sostenible.</p>
Extracción	
Entidades identificadas	Recursos informáticos (Computadores, servidores, dispositivos de comunicación)
Atributos identificados	- Eficiencia energética
Medidas empleadas	- CO ₂ /h, - PUE (Power Usage Effectiveness), - DCE (Data Center Infrastructure Efficiency), - DCeP (Data Center energy Productivity)
Otros comentarios importantes	Este trabajo presenta como se puede modelar un proceso de negocio para trabajar hacia la gestión de procesos <i>Green</i> .
Validación	
Otros	El artículo define el uso combinado de modelado de los procesos con sistemas de monitorización de energía se pueden construir procesos de negocio sostenibles
Caso de Estudio	

Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	1
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	1

Tabla C.6 Plantilla de extracción SLR6

Información	
Documento Id.	7
Título	Modeling and analyzing the carbon footprint of business processes
Autor(es)	Recker, J., Rosemann, M., Hjalmarsson, A., Lind, M.
Año de publicación	2012
Tipo de publicación	Journal
Lugar de publicación	Green Business Process Management
Resumen	<p>Muchas empresas y personas se dan cuenta de que la sostenibilidad ambiental es un problema urgente de abordar. En este capítulo, contribuimos a la discusión académica emergente proponiendo dos enfoques innovadores para la participación en el desarrollo de procesos de negocio sostenibles con el medio ambiente. En concreto, se describe un enfoque de modelado de procesos extendido para capturar y documentar las emisiones de dióxido producidos durante la ejecución de un proceso de negocio. Por ejemplo, se aplicó este método para el caso de un proveedor de servicios compartidos gubernamental. En segundo lugar, a continuación, presentamos un método de análisis para la medición de las emisiones de dióxido de carbono producido durante la ejecución de un proceso de negocio. Para ilustrar este enfoque, se aplica en el caso real de un aeropuerto europeo y muestra cómo esta información se puede aprovechar en el rediseño de los procesos de negocios verdes.</p>

Extracción	
Entidades identificadas	<ul style="list-style-type: none"> - Ordenadores y periféricos - Aplicaciones software - Vehículos utilizados
Atributos identificados	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de papel o combustibles empleados - Cantidad de CO₂ generado - Materiales desechados
Medidas empleadas	<p>Las medidas propuestas son los gramos de CO₂ generados en función de los recursos empleados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Papel: g CO₂/Kg papel - Electricidad: g CO₂/kWh - Combustible: g CO₂/Km
Otros comentarios importantes	En este trabajo se propone una extensión de notación para el modelado de procesos de negocio, de modo que se permita el cálculo de la cantidad de emisiones para cada actividad y el nivel total de todo el proceso.
Validación	
Otros	
Caso de Estudio	El trabajo presenta una nueva extensión de BPMN para incluir la cantidad de emisiones de CO ₂ emitidas para cada proceso y muestra dos casos de estudios resultantes de aplicar la nueva extensión de modelado BPMN
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	1
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	1
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	1
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	1

Tabla C.7 Plantilla de extracción SLR7

Información	
Documento Id.	8
Título	Business process co-design for energy-aware adaptation
Autor(es)	Cappiello, C., Fugini, M., Ferreira, A.M., Plebani, P., Vitali, M.
Año de publicación	2011
Tipo de publicación	Conference paper
Lugar de publicación	IEEE 7th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing
Resumen	Green IT se centra principalmente en técnicas para extender la longevidad de los productos o para virtualizar los recursos físicos, así como la provisión de infraestructuras de hardware de bajo consumo. Menos atención se ha prestado a las aplicaciones que se ejecutan en las máquinas y su impacto en el consumo de energía. Este documento propone un enfoque para permitir una utilización eficiente de la energía impulsado por el diseño de los procesos que de bajo consumo de energía. El bajo consumo energético es dado por un factor de enriquecimiento de un modelo conceptual de procesos de negocio típico con anotaciones capaces de apoyar la evaluación del consumo de energía de las tareas de la empresa involucradas. Esta información es la base para la adaptación a la cuenta de energía para promulgar estrategias específicas para adaptar la ejecución del proceso en el consumo de energía caso debe disminuirse o han sido identificadas las fugas de energía.
Extracción	
Entidades identificadas	- Servidores (CPU, Discos...) - Máquinas virtuales - Aplicaciones software
Atributos identificados	Cantidad de energía necesaria
Medidas empleadas	Máximos kWh consumidos
Otros comentarios importantes	
Validación	
Otros	
Caso de Estudio	El trabajo muestra un caso de estudio que simula la ejecución de un proceso de negocio y se mide el consumo de energía necesaria para la realización de cada una de las tareas diseñadas.

Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	1
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	1

Tabla C.8 Plantilla de extracción SLR8

Información	
Documento Id.	9
Título	Towards green business process management
Autor(es)	Hoesch-Klohe, K., Ghose, A., Lê, L.-S.
Año de publicación	2010
Tipo de publicación	Conference paper
Lugar de publicación	IEEE 7th International Conference on Services Computing
Resumen	<p>Hay un consenso mundial sobre la necesidad de reducir el impacto colectivo del carbono. Si bien gran atención de la investigación se ha centrado en el desarrollo de fuentes alternativas de energía, tecnologías del automóvil o técnicas de eliminación de desechos, a menudo ignoramos el hecho de que la capacidad de optimizar las operaciones para reducir su impacto emisiones (ya existente) es fundamental para este ejercicio. Creemos que al transformar el problema en el ámbito de la Gestión de Procesos de Negocio (BPM) podemos aprovechar la rica experiencia en este campo para abordar los problemas asociados con la identificación de áreas de mejora, la comprensión de la implicación y la realización de la minimización de la huella de carbono. Vamos a utilizar el término "Green BPM" para describir una nueva clase de tecnologías que aprovechan y amplían la tecnología BPM existentes para permitir el diseño de procesos, análisis, ejecución y seguimiento de una manera informada por el impacto del carbono en los diseños de procesos e instancias. Este artículo describe los</p>

	primeros pasos en el desarrollo de este tipo de tecnologías.
Extracción	
Entidades identificadas	No indica entidades, pero pone como ejemplo: - Maquinas (impresoras, maquinaria) - Vehículos
Atributos identificados	- Cantidad de emisiones de dióxido de carbono generadas (CO ₂) - Cantidad de recursos y materiales utilizados
Medidas empleadas	- Kg CO ₂ - Kg CO ₂ por Km - Kg de agua, papel, tinta
Otros comentarios importantes	
Validación	
Otros	Este trabajo muestra la importancia de tener en cuenta la sostenibilidad en los procesos de negocio y para ello expone la necesidad de identificar la cantidad de CO ₂ generada en el modelado de los procesos de negocio.
Caso de Estudio	
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	1
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	1
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	1
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	0,5

Tabla C.9 Plantilla de extracción SLR9

Información	
Documento Id.	10
Título	Towards Green Business Process Management: Concept and Implementation of an Artefact to Reduce the Energy Consumption of Business Processes
Autor(es)	Reiter, M., Fettke, P., Loos, P.
Año de publicación	2014
Tipo de publicación	Conference paper
Lugar de publicación	Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences
Resumen	<p>La consideración de los objetivos ecológicos ha sido identificada como de los temas más importantes para la investigación de la ingeniería de software y la gestión de los procesos de negocio (BPM). Una condición previa esencial para el avance de la disciplina emergente de <i>Green BPM</i> todavía es la disponibilidad de métodos y herramientas para detectar y hacer coincidir el uso de los recursos de un proceso de negocio a sus pasos individuales. En este documento, se propone un modelo de integración conceptual para el consumo de energía de los componentes de TI y procesos de negocio, para la configuración específica de administración de los procesos de negocio. El concepto de integración se implementa como un prototipo de software, siguiendo un enfoque de diseño en la ciencia. Su aplicación se demostró en un escenario de ejemplo. Los resultados muestran, que el concepto de integración y el prototipo de software aumentan la transparencia del consumo de energía de los procesos de negocio administrativas, y permiten a los usuarios para ahorrar energía. Por otra parte, el prototipo puede ser utilizado para desarrollar y validar métodos eficaces para la creación de procesos de negocio de bajo consumo.</p>
Extracción	
Entidades identificadas	<ul style="list-style-type: none"> - Servicios TI: <ul style="list-style-type: none"> - Hardware empleado (Servidores, Red, Ordenadores) - Aplicaciones software. - Maquinaria de fabricación
Atributos identificados	<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento SW y HW. - Materias primas consumidas
Medidas empleadas	el consumo de energía (Ws) o la cantidad de emisiones producidas por cada instancia de proceso ejecutada

Otros comentarios importantes	
Validación	
Otros	
Caso de Estudio	El artículo presenta un prototipo de software encargado de medir el consumo energético para cada una de las capas mencionadas. Presenta un caso de estudio de la energía consumida en un ejemplo de proceso de negocio.
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	1
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	1
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	1

Tabla C.10 Plantilla de extracción SLR10

Información	
Documento Id.	11
Título	How to Measure Energy-Efficiency of Software: Metrics and Measurement Results
Autor(es)	Johann, T., Dick, M., Naumann, S., Kern, E.
Año de publicación	2012
Tipo de publicación	Conference paper
Lugar de publicación	Proceedings of the First International Workshop on Green and Sustainable Software (GREENS)
Resumen	En el campo de la información y la tecnología informática (TIC), el ahorro de energía tiene su enfoque en la posición de hardware eficiente de la energía y su funcionamiento. Recientemente, los esfuerzos también se han hecho en el área de software. Sin embargo, el desarrollo de software eficiente de energía requiere métricas, que miden el consumo de energía del software, así como modelos para monitorear y minimizarlo. En los procesos de desarrollo de software casi no existen. En este trabajo se presenta una métrica para medir

	genéricamente el software y un método para aplicarlo en un proceso de ingeniería de software.
Extracción	
Entidades identificadas	- Aplicaciones software
Atributos identificados	Eficiencia energética
Medidas empleadas	- trabajo realizado/energía consumida - Líneas de código - Numero de ciclos de bucles
Otros comentarios importantes	
Validación	
Otros	
Caso de Estudio	Presenta la importancia de medir la sostenibilidad de las aplicaciones software, una métrica para medirlo y varios ejemplos de cómo se aplica.
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	0,5
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	1

Tabla C.11 Plantilla de extracción SLR11

Información	
Documento Id.	12
Título	Green Software Measurement
Autor(es)	Moraga, M ^a A., Bertoa, M.F.
Año de publicación	2015
Tipo de publicación	Journal
Lugar de publicación	Springer
Resumen	Hoy en día tanto la industria como los consumidores no son conscientes de la importancia del desarrollo sostenible del

	software, como si ocurre con el hardware. Sin embargo, el desarrollo de software no debe permanecer indiferente a la necesidad de construir productos de software que contribuyen a la sostenibilidad, tanto durante su creación y uso. Aunque el software no consume directamente la energía, que afecta en gran medida el consumo de los equipos de hardware, ya que indirectamente guía su funcionamiento. Esta tendencia está cambiando, y las nuevas propuestas han surgido en los últimos años. Prácticas <i>green</i> de ingeniería de software pueden ayudar a las empresas a reducir o minimizar el impacto medioambiental de sus productos de software. De hecho, el principal objetivo de la ingeniería de software <i>green</i> es el desarrollo de productos de software que reduzcan los impactos ambientales negativos.
Extracción	
Entidades identificadas	- Productos software - Website
Atributos identificados	Eficiencia energética
Medidas empleadas	- Potencia consumida (W) - Energía consumida (Wh) - trabajo realizado/energía consumida
Otros comentarios importantes	
Validación	
Otros	Este trabajo pretende definir un modelo <i>green</i> para los productos software y definir una serie de medidas que lo conviertan en un modelo útil.
Caso de Estudio	
Encuesta	
Revisión Sistemática/mapping	
Evaluación de la calidad	
¿Se identifican las entidades y atributos que puedan ser objetos de medir la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿Se identifican medidas que permitan evaluar la sostenibilidad de los procesos de negocio? (0; 0,5; 1)	0,5
¿La investigación presenta claramente los resultados obtenidos? (0; 0,5; 1)	0,5
¿Hay suficientes datos/ejemplos de muestra para apoyar las conclusiones? (0; 0,5; 1)	0,5

Tabla C.12 Plantilla de extracción SLR12

D. Acrónimos

En este anexo se presentan los acrónimos empleados en la elaboración del presente documento.

[BP]	Business Process
[BPM]	Business Process Management
[BPMS]	Business Process Management Systems
[BPR]	Business Process Reengineering
[DSRM]	Design Science Research Methodology
[EAI]	Enterprise Application Integration
[ERP]	Enterprise Resource Planning
[IDE]	Integrated Development Environment
[MVC]	Modelo – Vista – Controlador
[MXML]	Mining eXtensible Markup Language
[PN]	Proceso de Negocio
[RoR]	Ruby on Rails
[SLA]	Service Level Agreement
[SLR]	Systematic Literature Review
[SMS]	Systematic Mapping Study
[TFG]	Trabajo de Fin de Grado
[TFM]	Trabajo de Fin de Master
[TQM]	Total Quality Management
[XES]	Extensible Event Stream
[PN]	Proceso de Negocio

E. Ejemplo *logs* de ejecución extendido

En este anexo se muestra un ejemplo de *logs* de ejecución extendido que se corresponde a la simulación del proceso de negocio descrito en el ejemplo de la sección 5.3.1.3 El archivo de *log* completo se incluye en el CD que se adjunta a la memoria para una mejor visualización.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<log xes:version="1.0" xes:features="nested-attributes" openxes:version="1.0RC7" xmlns="http://www.xes-standard.org/">

  <!-- Simulación de un caso concreto descrito en el ejemplo de la sección 5.3.1.3 -->
  <trace>
    <string key="concept:name" value="1"/>

    <!-- Tarea 1 - Auxiliar de la clinica -->
    <event>
      <string key="org:resource" value="Juan"/>
      <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T09:00:00.000+01:00"/>
      <string key="concept:name" value="Generar documentacion de recogida de pruebas"/>
      <string key="lifecycle:transition" value="start"/>
    </event>
    <event>
      <string key="org:resource" value="Juan"/>
      <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T10:00:00.000+01:00"/>
      <string key="concept:name" value="Generar documentacion de recogida de pruebas"/>
      <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
      <string key="costs" value="50"/>
      <string key="Energia consumida (kW)" value="0.37"/>
      <string key="gCO2" value="302"/>
    </event>

    <!-- Tarea 2 - Conductor de la ambulancia -->
    <event>
      <string key="org:resource" value="Pedro"/>
      <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T10:30:00.000+01:00"/>
      <string key="concept:name" value="Evaluar solicitud de Recogida"/>
      <string key="lifecycle:transition" value="start"/>
    </event>
    <event>
      <string key="org:resource" value="Pedro"/>
      <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T11:30:00.000+01:00"/>
      <string key="concept:name" value="Evaluar solicitud de Recogida"/>
      <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
      <string key="costs" value="20"/>
      <string key="Energia consumida (kW)" value="0.065"/>
      <string key="gCO2" value="33"/>
    </event>

    <!-- Tarea 3 - Conductor de la ambulancia -->
    <event>
      <string key="org:resource" value="System"/>
      <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T11:30:00.000+01:00"/>
      <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
      <string key="concept:name" value="Obtener la ruta optima"/>
      <string key="costs" value="50"/>
      <string key="Energia consumida (kW)" value="0.365"/>
      <string key="gCO2" value="33"/>
    </event>

    <!-- Tarea 4 - Conductor de la ambulancia -->
    <event>
      <string key="org:resource" value="Pedro"/>
      <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T11:30:00.000+01:00"/>
      <string key="concept:name" value="Ir a la residencia del paciente seleccionado"/>
      <string key="lifecycle:transition" value="start"/>
    </event>
    <event>
      <string key="org:resource" value="Pedro"/>
      <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T12:00:00.000+01:00"/>
      <string key="concept:name" value="Ir a la residencia del paciente seleccionado"/>
      <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
      <string key="costs" value="20"/>
      <string key="Energia consumida (kW)" value="0.065"/>
      <string key="gCO2" value="12000"/>
    </event>

    <!-- Tarea 5 - Celador -->
    <event>
      <string key="org:resource" value="Luis"/>
      <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T12:00:00.000+01:00"/>
      <string key="concept:name" value="Rellena documento de recogida"/>
      <string key="lifecycle:transition" value="start"/>
    </event>
    <event>
      <string key="org:resource" value="Luis"/>
      <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T13:00:00.000+01:00"/>
      <string key="concept:name" value="Rellena documento de recogida"/>
      <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
      <string key="costs" value="10"/>
      <string key="Energia consumida (kW)" value="0.37"/>
      <string key="gCO2" value="302"/>
    </event>
  </trace>

```

```
<!-- Tarea 6 - Conductor de la ambulancia -->
<event>
  <string key="org:resource" value="System"/>
  <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T13:00:00.000+01:00"/>
  <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
  <string key="concept:name" value="Actualizar solicitud recogida"/>
  <string key="costs" value="50"/>
  <string key="Energia consumida (kW)" value="0.365"/>
  <string key="gCO2" value="33"/>
</event>

<!-- Tarea 2 - Conductor de la ambulancia -->
<event>
  <string key="org:resource" value="Pedro"/>
  <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T13:30:00.000+01:00"/>
  <string key="concept:name" value="Evaluar solicitud de Recogida"/>
  <string key="lifecycle:transition" value="start"/>
</event>
<event>
  <string key="org:resource" value="Pedro"/>
  <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T14:30:00.000+01:00"/>
  <string key="concept:name" value="Evaluar solicitud de Recogida"/>
  <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
  <string key="costs" value="20"/>
  <string key="Energia consumida (kW)" value="0.065"/>
  <string key="gCO2" value="33"/>
</event>

<!-- Tarea 7 - Conductor de la ambulancia -->
<event>
  <string key="org:resource" value="Pedro"/>
  <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T14:30:00.000+01:00"/>
  <string key="concept:name" value="Regresar al hospital"/>
  <string key="lifecycle:transition" value="start"/>
</event>
<event>
  <string key="org:resource" value="Pedro"/>
  <date key="time:timestamp" value="2016-02-28T15:00:00.000+01:00"/>
  <string key="concept:name" value="Regresar al hospital"/>
  <string key="lifecycle:transition" value="complete"/>
  <string key="costs" value="20"/>
  <string key="Energia consumida (kW)" value="0.065"/>
  <string key="gCO2" value="10000"/>
</event>
</trace>
</log>
```