

Una Propuesta de Extensión de un Framework para el Desarrollo de Modelos Conceptuales para Simulación

Gonzalo Alvarez^{1,2}, Juan Sarli¹, María Julia Blas^{1,2}

¹Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Santa Fe

²Instituto de Desarrollo y Diseño INGAR (UTN-CONICET)

galvarez@santafe-conicet.gov.ar, juanleonardosarli@gmail.com,

mariajuliablas@santafe-conicet.gov.ar

Resumen

En Ingeniería en Sistemas de Información (ISI), el modelado conceptual es una de las prácticas más importantes para comprender y resolver problemas en sistemas complejos. Sin embargo, a menudo se considera una habilidad que requiere intuición y experiencia en lugar de un enfoque metodológico ya que, según muchos autores, “es más un arte que una ciencia”. Este trabajo se enfoca en la extensión de un framework conceptual propuesto en la bibliografía clásica de Modelado y Simulación (M&S) para la construcción de modelos conceptuales vinculados a modelos de simulación. Dicha extensión se diseña, específicamente, con una orientación aplicada a los estudiantes de ISI, los cuales corresponden a un grupo con habilidades adquiridas respecto al uso de lenguajes de modelado. El framework propuesto tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes una guía estructurada para abordar el proceso de modelado conceptual en proyectos de simulación, adaptando los principios generales a las necesidades particulares de ISI. La propuesta consta de cinco etapas que guían a los estudiantes a lo largo del proceso de modelado, haciendo hincapié en la relevancia de la iteración y la flexibilidad en el desarrollo del modelo. En este sentido, la propuesta busca dar el paso inicial que permita a los estudiantes comprender como se diseña un modelo conceptual asociado a un modelo de simulación.

1. Introducción

En general, la actividad de modelado conceptual se considera en gran medida un arte o una habilidad que se basa en la intuición y la experiencia, sin un enfoque o lineamientos claros para su desarrollo. Algunos autores del área proporcionan orientación en forma de un conjunto de principios de modelado [1–3]. Estos principios van desde lo sociopolítico, como el contacto regular con expertos en el dominio, hasta lo más técnico, como el desarrollo de prototipos que van evolucionando en el camino. Aunque estos principios son útiles para brindar una guía para el diseño del modelo conceptual, no responden a la pregunta concreta del *cómo* desarrollar el modelo conceptual.

En los últimos años, ha habido algunos intentos de diseñar marcos para el modelado conceptual. Un framework (o marco en español) proporciona un conjunto de pasos y herramientas que guían a un modelador a través del desarrollo (en este caso) de un modelo conceptual. Uno de los desafíos que enfrentan los estudiantes de ISI (Ingeniería en Sistemas de Información) es la falta de orientación clara y estructurada para el desarrollo de modelos conceptuales que deben focalizar su abstracción en el paso del tiempo. Normalmente, los estudiantes son capaces de elaborar modelos pensados en una vista estática, pero la definición de modelos centrados en la vista dinámica no es frecuentemente una de las habilidades adquiridas en los primeros años de la carrera. En muchos casos, las bases proporcionadas son demasiado generales y carecen de una guía detallada para abordar problemas complejos referidos a la medición dinámica en sistemas de información. Esto plantea un obstáculo significativo para los estudiantes que intentan comprender y resolver problemas en sistemas complejos asociados a Modelado y Simulación (M&S).

Este trabajo se enmarca en el dictado de la asignatura Simulación, del 4to año de ISI. El principal objetivo es presentar una extensión de un framework, ya propuesto en la bibliografía clásica de M&S, adaptado específicamente a las necesidades de los estudiantes de ISI. La propuesta busca proporcionar a los estudiantes una guía paso a paso, estructurada y reflexiva, para abordar problemas complejos en el desarrollo de modelos de simulación. El artículo también destaca la importancia del modelado conceptual en la resolución de problemas en la ingeniería de sistemas y su relevancia en la comunicación efectiva en entornos multidisciplinarios. Esto facilita la preparación de los estudiantes para abordar desafíos cada vez más complejos en un mundo interconectado.

El resto del trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera. La Sección 2 presenta una descripción del framework base, correspondiente a la propuesta de Robinson [4]. La Sección 3 presenta la forma en la cual hemos adaptado los lineamientos de Robinson a nuestra situación particular. La Sección 4 describe la forma en que usamos el framework propuesto con la cohorte 2023 de alumnos. La Sección 5 presenta la discusión de resultados. Finalmente, la Sección 6 está dedicada a conclusiones y trabajos futuros.

2. Framework Propuesto por Robinson

Según Robinson [4], el primer paso para el desarrollo de un modelo conceptual es comprender cual es la situación o el problema que se debe resolver. Esto requiere entender el sistema real. A partir de esta comprensión, la cual se relaciona con la adquisición de conocimiento, se determina un conjunto de objetivos de modelado. Dichos objetivos son los que guían la especificación del modelo conceptual, primero al definir las entradas y salidas, para luego determinar el contenido del modelo en sí.

En las subsecciones 2.1 a 2.3 se describen brevemente las actividades propuestas por el autor para esta tarea. Las mismas se resumen en la Figura 1, junto con un resumen de los principales objetivos de cada actividad propuesta. En este punto es importante destacar que, aun cuando la bibliografía propone un conjunto de actividades, no propone una herramienta de documentación asociada a dichas actividades.

Las actividades descritas requieren como paso inicial considerar si el M&S son el enfoque más adecuado para resolver el problema planteado inicialmente. El objetivo del framework es proporcionar al modelador una guía sobre cómo diseñar el modelo conceptual. A lo largo de la actividad de modelado conceptual, el modelador debe ser consciente de los cuatro requisitos que debe cumplir un modelo conceptual [4], [5]: *Validez*, *Credibilidad*, *Viabilidad* y *Utilidad*. Sobre estos cuatro requerimientos de calidad, se suma que el desarrollo debe corresponder a un modelo lo más simple posible para el propósito en cuestión.

Todas las actividades mencionadas para el desarrollo del modelo conceptual requieren de varias iteraciones. Culminar una etapa no implica necesariamente que la misma no se vuelva a realizar con mayor nivel de detalle o cambios en una siguiente iteración. Dicho esto, debe quedar claro que el modelador debe realizar varios idas y vueltas al elaborar el diseño del modelo conceptual, no considerándose cada iteración como una pérdida de tiempo, sino más bien como una actividad que permite ir incrementando el nivel de detalle paso a paso. El modelo conceptual (Artefacto #1) resultante, será el que se tomará como base para la construcción del modelo de diseño (Artefacto #2) que define el modelo computacional (Artefacto #3).

2.1 Actividad #1: Desarrollar un Entendimiento de la Situación o Problema

Comprender cuál es el contexto o situación del problema, es un paso crucial en el proceso de modelado conceptual [6]. Para desarrollar un modelo que describa adecuadamente el contexto en donde está involucrado el problema, quien modela debe adquirir un profundo y exhaustivo conocimiento de la situación del problema. Existen distintas formas de abordar esta actividad, la elección de dicha forma depende en gran medida de cuánto comprendan y puedan explicar los clientes acerca de la situación del problema.

En algunos casos, los clientes pueden proporcionar una explicación sólida y completa de la situación del problema.

Por ejemplo, pueden describir el funcionamiento de una situación real simple, como puede ser un cajero que atiende clientes en restaurante de comida rápida (Caso de estudio descrito en [6]). Sin embargo, en otros casos, la situación del problema puede ser más compleja y menos clara, con lo cual los clientes no pueden proveer una explicación sólida y completa de la situación a analizar.

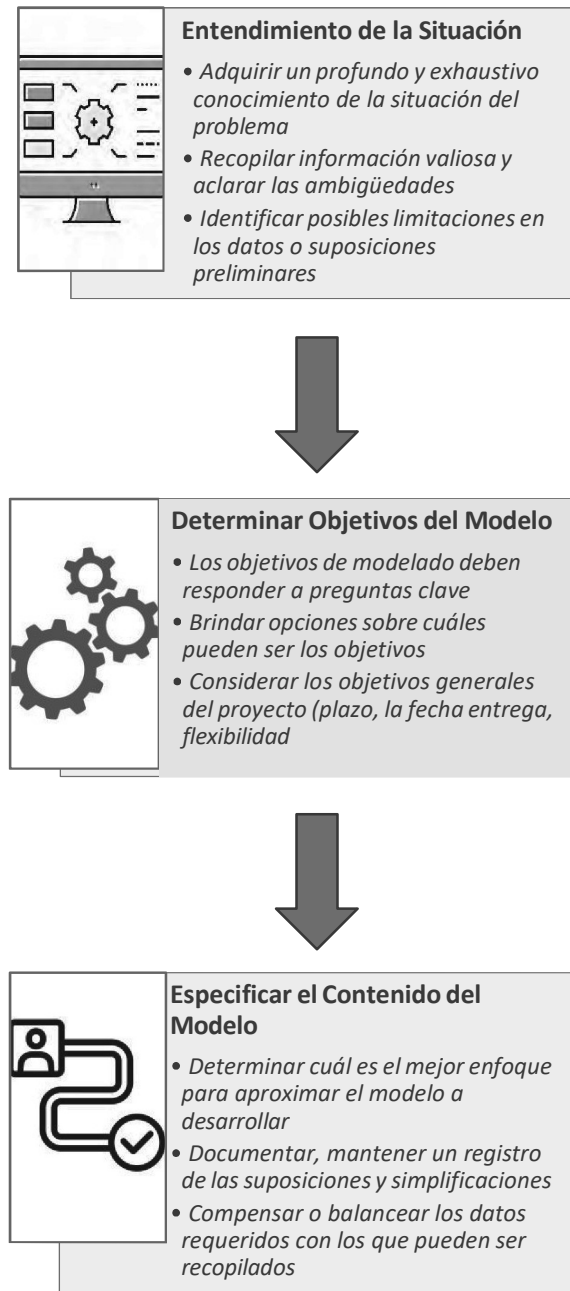


Figura 1. Actividades para un correcto modelado conceptual según [4].

Para desarrollar esta comprensión, algunas de las técnicas que puede utilizar el modelador son la entrevista con expertos en el dominio del problema o el análisis de documentación relevante [7]. Estas estrategias ayudan a recopilar información valiosa y aclarar las ambigüedades que pueden surgir al definir la descripción del problema.

Es importante destacar que este proceso de comprensión inicial es iterativo y puede requerir múltiples interacciones con los clientes y otros expertos de dominio. A medida que se adquiere un conocimiento más profundo de la situación del problema, se pueden identificar posibles limitaciones en los datos o suposiciones preliminares [7]. Estas limitaciones deben abordarse para garantizar que el modelo conceptual sea sólido y representativo de la realidad.

2.2 Actividad #2: Determinar los Objetivos del Proyecto y del Modelo

En el proceso de modelado conceptual, es fundamental definir los objetivos de modelado y los objetivos generales del proyecto de simulación. Los objetivos de modelado son cruciales ya que determinan la naturaleza del modelo, sirven como punto de referencia para la validación del modelo, guían la experimentación y se utilizan para evaluar el rendimiento del estudio de simulación. Estos objetivos son esenciales para dar sentido al modelo.

Los objetivos de modelado deben al menos responder a las siguientes tres preguntas clave:

1. ¿Qué desean lograr los clientes? Esto puede incluir aumentar la producción, reducir costos, mejorar el servicio al cliente, o aumentar las ganancias, entre otros.
2. ¿A qué nivel de rendimiento se aspira llegar? Los objetivos deben ser cuantificables y pueden incluir mejoras porcentuales o absolutas en el rendimiento.
3. ¿Qué limitaciones existen? Esto puede incluir restricciones presupuestarias o limitaciones en las estrategias disponibles para alcanzar los objetivos.

Cabe aclarar que es muy importante que el modelador brinde opciones sobre cuáles pueden ser los objetivos de estudio para el modelo conceptual. Esto se debe a que es una situación habitual que los clientes desconozcan lo que se puede lograr con un modelo de simulación, o no estén seguros de cuáles son los objetivos que quieren alcanzar. En este sentido, el modelador debe estar predispuesto a explicar a los clientes los beneficios y alcances del modelo.

Los objetivos de modelado no son estáticos y pueden cambiar a medida que se incrementa la comprensión de la situación del problema y el potencial de la simulación. Esto aumenta la iteración entre las actividades de modelado, lo que afecta el diseño del modelo conceptual, la experimentación y los resultados del proyecto, lo cual aumenta los tiempos necesarios para el proyecto [8].

Además de los objetivos de modelado, también se deben considerar los objetivos generales del proyecto, como el plazo de tiempo disponible, la fecha de entrega acordada, la flexibilidad del modelo, la velocidad de ejecución, la

visualización y la facilidad de uso. Estos aspectos afectan la viabilidad y utilidad del modelo, y además tienen un impacto en el diseño del modelo conceptual.

2.3 Actividad #3: Especificar el Contenido del Modelo

Una vez definido el objetivo e identificadas las entradas y salidas del modelo conceptual, el siguiente paso en el diseño de este es especificar su contenido. En este punto, es necesario determinar cuál es el mejor enfoque para aproximar el modelo a desarrollar. Si el sistema tiene algún grado de aleatoriedad y es posible definir el comportamiento de manera matemática, entonces la simulación es el enfoque más apropiado. Si se decide utilizar dicho enfoque, entonces el contenido del modelo debe estar en línea con las entradas y salidas identificadas. Esto implica representar adecuadamente los componentes necesarios y las interconexiones clave con el mundo real.

La delimitación del alcance (*scope* en inglés) y el nivel de detalle del modelo son aspectos cruciales en este proceso. El alcance se refiere a qué se debe modelar, mientras que el nivel de detalle se relaciona con cómo se debe modelar. Ambos deben ser suficientes para vincular las entradas y salidas del modelo. El nivel de detalle debe ser preciso en relación con el impacto en las salidas del modelo.

El uso de prototipos con funcionalidades mínimas se sugiere como una herramienta para definir el alcance y el nivel de detalle del modelo. La idea es desarrollar modelos computacionales simples que luego serán descartados, pero cuyo fin es adquirir información clave para el diseño del modelo conceptual. Además, este enfoque permite mantener una comunicación fluida con el cliente y presentar de una manera más visual cual es la intención de modelado y el funcionamiento esperado del mismo.

Como en cualquier proyecto, y un proyecto de simulación no es la excepción, una tarea que se debe realizar a lo largo de todas las etapas de este es la documentación [9]. Al momento de realizar la tarea de detallar el contenido del modelo conceptual, resulta muy importante mantener un registro de las *suposiciones* y *simplificaciones* realizadas para llevar a cabo el diseño del contenido [10]. Entendiendo que en un proyecto de simulación las *suposiciones* indican aspectos que desconocemos o un cierto nivel de incertidumbre sobre el dominio del problema, por lo que se asume que la situación es de cierta manera. Por lo tanto, las suposiciones permiten al modelador reducir o delimitar dicha incertidumbre, hasta tanto se adquieran más datos o mayor conocimiento de la situación y dicha suposición pueda ser reemplazada por una afirmación. Por otro lado, las *simplificaciones* se refieren a comportamientos o aspectos que se conocen, pero se simplifican o reducen a algo más elemental dado que modelar dicha situación con toda su complejidad no aporta mayor detalle al objetivo definido para el modelo conceptual.

Tanto suposiciones como simplificaciones deben ser comunicadas a todas las partes involucradas en el proyecto de simulación. Se debe generar un consenso entre las partes para que todos tengan la misma comprensión de ambos

elementos, a fin de evitar malentendidos y no cumplir con las expectativas de los interesados. Cabe recordar que, al momento de realizar esta tarea, se recomienda brindar ejemplos sobre cuando la simulación es más beneficiosa con respecto a otros enfoques.

Idealmente, el diseño del modelo conceptual no debería considerar si es factible recolectar datos precisos [11]. Sin embargo, en muchas situaciones se debe hacer una compensación o balance entre los datos requeridos y aquellos que pueden ser recopilados, dado que a veces resulta muy difícil o imposible obtener los datos adecuados para el modelo conceptual. En este escenario, el modelador debe tomar una decisión entre rediseñar el modelo conceptual para no tener la necesidad de utilizar los datos problemáticos o no modificar el modelo y manejar los datos de una manera distinta. En la práctica, el modelador toma un enfoque híbrido que combina ambas opciones. Como resultado, en el contenido del modelo conceptual se definen los datos requeridos, pero a su vez la disponibilidad o la capacidad de recopilación de datos afecta cómo se va a diseñar el modelo conceptual. Este enfoque práctico aumenta el nivel de iteración necesario en el proceso de modelado, ya que se debe diseñar en función de los datos disponibles. Este conjunto de datos identificados y disponibles, son los que se utilizarán en la posterior implementación del modelo computacional derivado del conceptual.

3. Extendiendo el Framework con una Perspectiva de ISI

En el contexto de una clase de ISI, los autores de este trabajo hemos comenzado a desarrollar una extensión del framework descrito en la sección previa para contribuir al entendimiento de nuestros estudiantes de la asignatura Simulación. Nuestro objetivo es brindar a los estudiantes una guía sólida y estructurada sobre cómo abordar el proceso de modelado conceptual en proyectos de ingeniería relacionados al M&S.

La ISI es una disciplina que abarca la concepción, diseño, implementación y gestión de sistemas de información complejos. En este contexto, el modelado conceptual es frecuentemente abordado por los estudiantes para comprender y diseñar productos de software. Pero, a pesar de su importancia, a menudo se percibe como una habilidad que requiere intuición y experiencia más que un enfoque estructurado. Sumado a esto, nuestros estudiantes se encuentran acostumbrados a diseñar vistas estáticas de sistemas, no habiendo practicado extensamente sus habilidades referidas a las vistas dinámicas requeridas para la construcción de modelos de simulación. Comprender y diseñar estas vistas de sistemas, requiere una representación clara y precisa de cómo funcionan y cómo se relacionan sus partes componentes.

Una de las razones por las que el modelado conceptual a menudo se percibe como un arte es la falta de orientación clara disponible. Aunque existen principios y enfoques generales, la diversidad de sistemas y situaciones hace que

sea difícil establecer un conjunto de reglas universales [12]. Esto deja a los estudiantes en una situación desafiante, donde deben construir un modelo basado en los principales aspectos temporales de un sistema sin un conjunto de lineamientos específicos para su representación.

Aquí es donde entra en juego la necesidad de proporcionar a los estudiantes una estructura sólida para el modelado conceptual. Asimismo, esta estructura no debe limitar su creatividad ni pensamiento crítico, sino más bien debe ser una guía que contenga los disparadores requeridos para que los estudiantes se hagan los planteos correctos mientras desarrollan sus modelos, mejorando su comprensión y habilidades entorno al M&S.

A continuación, se describen los cuatro pasos, haciendo hincapié en la relevancia de la iteración en el proceso y en la flexibilidad en la elaboración del modelo. Estas mismas etapas se presentan en la Figura 2, siguiendo el mismo esquema de representación que el utilizado en la Figura 1. La metodología propuesta se soporta en un conjunto de tablas Excel que los alumnos utilizan para especificar el resultado de cada paso.

Es importante mencionar que el framework propuesto, se encuentra en una etapa de prototipado y testeado beta de usabilidad con el objetivo de identificar los requerimientos más prioritarios para el desarrollo de una futura herramienta de software que les brinde soporte. Es decir, en esta etapa hemos abordado una estructura basada en Excel con la intención de relevar toda la información necesaria para elaborar un modelo conceptual. Por medio de “notas” establecemos los vínculos requeridos entre diferentes partes, a fin de que los estudiantes sean conscientes del razonamiento requerido como parte de sus decisiones de modelado.

3.1 Paso #1: Entendimiento de la Situación Problemática

El primer paso es comprender la situación del problema. Esto es esencial para crear un modelo que refleje con precisión la realidad. Los estudiantes deben aprender a abordar esta actividad de manera efectiva.

Existen diferentes enfoques para desarrollar esta comprensión. En muchos casos, los clientes o expertos en el dominio pueden proporcionar una explicación sólida de la situación del problema [13]. Sin embargo, en situaciones más complejas, los estudiantes deben aprender a utilizar técnicas como entrevistas y revisión de documentación para recopilar información valiosa.

A medida que los estudiantes adquieren un conocimiento más profundo de la situación del problema, pueden identificar posibles limitaciones en los datos o suposiciones preliminares. La Figura 3, muestra el esquema propuesto en el framework para este paso.

Nuestra propuesta consiste en determinar con unas pocas líneas breves pero acertadas, la descripción del problema para poder abordarlo de forma correcta. Luego de esto, se propone realizar un diagrama de *Estructura*, seguido por un diagrama de *Dinámica*. Los diagramas de estructura y de

dinámica, son los dos tipos de diagramas que se utilizan en el modelado conceptual. Ambos diagramas se utilizan para representar los elementos centrales de un sistema, pero sus diferencias radican en la vista que modelan.

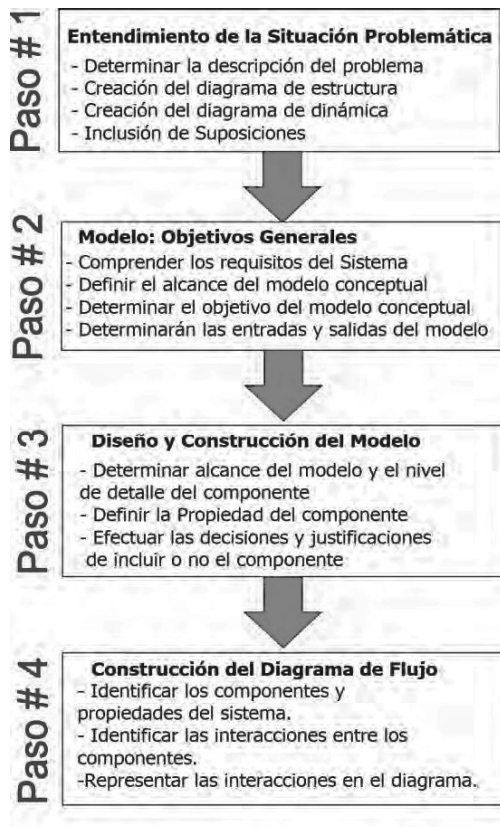


Figura 2. Pasos del framework propuesto.

Los diagramas de estructura se centran en la vista estática de las entidades y atributos que componen el sistema, mientras que los diagramas de dinámica se ponen el eje en el comportamiento y evolución temporal de las entidades [14]. Los diagramas de estructura muestran cómo las entidades se relacionan entre sí, mientras que los diagramas de dinámica muestran cómo las entidades cambian con el tiempo.

El último ítem de este paso implica describir las principales suposiciones que ayudarán al modelado del sistema. Esta etapa es clave porque los riesgos de utilizar suposiciones en el modelado del sistema incluyen: *Inexactitud* (Suposiciones que conducen a modelos inexactos, ya que no toman en cuenta todos los aspectos del sistema). *Limitaciones* (Suposiciones que limitan la aplicabilidad del modelo, porque no se puede utilizar para estudiar todos los comportamientos del sistema). *Errores* (Suposiciones que conllevan a errores en el modelo, ya que no se basan en datos reales).

3.2 Paso #2: Modelo: Objetivos Generales, Salidas y Entradas

El siguiente paso es determinar los objetivos de modelado y los objetivos generales del proyecto. Los

objetivos de modelado son fundamentales, ya que determinan la naturaleza del modelo y guían la experimentación [15]. Los estudiantes deben aprender a definir objetivos claros que respondan a preguntas clave como qué desean lograr los clientes, a qué nivel de rendimiento aspiran y qué limitaciones existen.

Descripción del Sistema	
Sistema	Incluir la descripción del Sistema Aquí
Estructura	Ver hoja "Paso 1 - Diagrama de Estructura".
Dinámica	Ver hoja "Paso 1 - Diagrama de Dinámica".
Suposiciones	Suposición 1
	Suposición 2
	Suposición 3

Figura 3. Paso #1 del Framework.

El framework puede ayudar a determinar el *Objetivo* del modelo conceptual de la siguiente manera:

- Identificar los interesados del sistema.
- Comprender los requerimientos del sistema: Son las características o funcionalidades que el sistema debe tener. Comprender los requerimientos del sistema ayudará a determinar los datos que el modelo conceptual debe representar.
- Definir el alcance del modelo conceptual: Es el conjunto de datos que el modelo debe representar. Definir el alcance ayudará a centrarse en los datos que son más importantes para los interesados.

Una vez que se han completado estos pasos, se puede utilizar el framework para determinar el objetivo del modelo conceptual. Un objetivo bien definido ayudará a garantizar que el modelo sea exitoso.

Luego de cruzar información con el paso previo, de los diagramas de estructuras y dinámica, se determinan las *Entradas* y *Salidas* del modelo. En el caso de las salidas se pide que se haga referencia al componente que se estableció en el diagrama de estructura, es decir que por cada componente que se haya hecho un diagrama de dinámica se incluirá dicho componente en el framework.

En cuanto a las entradas, además de describir cada una en el framework, se debe clasificar dicha entrada en si se trata de un parámetro o un factor experimental, dependiendo de la variabilidad de la entrada en la corrida del modelo. El alcance de este paso se encuentra ilustrado en la Figura 4.

Descripción de Objetivos, Salidas y Entradas			
Objetivo	Indicar Objetivo		
Salidas	Salida 1	Componente	Componente 1
	Salida 2	Componente	Componente 2
	Salida 3	Componente	Componente 3
	Salida 4	Componente	Componente 4
Entradas	Entrada 1	Tipo	Parámetro
	Entrada 2	Tipo	Factor Experimental
	Entrada 3	Tipo	Parámetro
		Tipo	

Figura 4. Paso #2 del Framework.

3.3 Paso #3: Diseño y Construcción del Modelo

Una vez que los estudiantes han identificado las entradas y salidas del modelo, el siguiente paso propuesto en el framework es determinar qué contenido debe incluir el modelo conceptual. Esto implica representar de manera adecuada los elementos esenciales y las conexiones clave con el mundo real.

Es necesario que los estudiantes seleccionen con precisión el *Alcance* y el *Nivel de Detalle* apropiados para su modelo. El alcance se refiere a lo que se debe abordar en el modelo, mientras que el nivel de detalle se relaciona con cómo deben ser representados estos elementos. Ambos aspectos deben ser lo suficientemente robustos como para establecer conexiones coherentes entre las entradas y salidas del modelo. Además, es crucial que el nivel de detalle sea proporcional al impacto que estos elementos tienen en las salidas del modelo. En este paso los puntos estratégicos que se deben considerar son:

- **Alcance:** El alcance del modelo conceptual se define en función de los requerimientos del sistema y las necesidades de los interesados. Los requerimientos del sistema son las características o funcionalidades que el sistema debe tener. Las necesidades de los interesados hacen referencia a que necesitan o esperan del sistema los interesados.
- **Nivel de Detalle:** Es el grado de granularidad con el que los elementos se representan. El nivel de detalle se puede ajustar para satisfacer las necesidades de los interesados y los requerimientos del sistema.
- **Atributo:** Es una propiedad de un componente que brinda información adicional sobre el componente. En el framework, los atributos se utilizan para representar los datos necesarios para calcular las salidas del sistema.
- **Decisión:** Es la elección que se debe tomar al desarrollar el modelo conceptual, en cuanto a la inclusión o no de un componente. Las decisiones deben tomarse en función de las variables que se quieren representar del modelo.
- **Justificación:** La justificación es la explicación de la razón por la que se tomó la decisión de incluir o excluir un componente. La justificación debe ser clara y concisa, además de proporcionar evidencia para apoyar la decisión.
- **Tipo de Argumento:** Es un tipo de dato que se puede asignar a un atributo. En el caso del framework, los tipos de argumentos se utilizan para representar los datos que se almacenan en los atributos.

Estos puntos se aprecian en la captura del Framework, de la Figura 5.

3.4 Paso #4: Diagrama de Flujo

El cuarto paso implica la creación de un *Diagrama de Flujo* que represente el sistema en estudio, en este contexto, será una representación gráfica de cómo interactúan las entidades y atributos de un sistema. Para realizar este paso, es necesario seguir las siguientes actividades.

- Identificar las entidades y atributos del sistema. Identificar los componentes y propiedades del sistema que se desea modelar.
- Identificar las interacciones entre las entidades. Una vez que se han identificado las entidades y atributos, en los pasos anteriores, lo que sigue es identificar las interacciones entre ellos.
- Representar las interacciones en el diagrama. Las interacciones se representan utilizando símbolos y flechas. Los símbolos representan los componentes y las flechas representan las interacciones.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Descripción de Alcance y Nivel de Detalle										
1											
2	Alcance	Componente				Decisión		Justificación		Tipo de Argumento	
3		Componente				Decisión		Justificación		Tipo de Argumento	
4		Componente				Decisión		Justificación		Tipo de Argumento	
5		Componente				Decisión		Justificación		Tipo de Argumento	
6		Componente				Decisión		Justificación		Tipo de Argumento	
7	Nivel de Detalle	Componente	Propiedad			Decisión		Justificación		Tipo de Argumento	
8		Componente	Propiedad			Decisión		Justificación		Tipo de Argumento	
9		Componente	Propiedad			Decisión		Justificación		Tipo de Argumento	
10		Componente	Propiedad			Decisión		Justificación		Tipo de Argumento	
11		Componente	Propiedad			Decisión		Justificación		Tipo de Argumento	
12											

Figura 5. Paso #3 del Framework.

4. Caso Práctico

El framework propuesto se comenzó a utilizar en 2023. Para esto, además de los lineamientos iniciales, se resolvió junto con los estudiantes un caso práctico. El mismo se presenta en el Anexo A.

En dicho estudio, se abordó de forma colectiva el modelo conceptual del problema del despacho de equipaje en una aerolínea. A lo largo de las diferentes etapas, de forma conjunta con los estudiantes se ha logrado identificar y definir con precisión los siguientes elementos clave:

- **Descripción del Sistema:** Hemos definido el sistema en cuestión, que involucra a los pasajeros, los mostradores de despacho de equipaje y las colas de espera. Esta comprensión inicial es esencial para abordar el problema de manera efectiva.
- **Objetivos, Salidas y Entradas:** Hemos establecido un objetivo claro de “reducir el tiempo de despacho de equipaje de los pasajeros”. En relación con este objetivo, se han identificado salidas cruciales, como ser *la longitud promedio de la cola de pasajeros, el tiempo promedio de espera por pasajero y el tiempo promedio de atención por pasajero*. También hemos especificado las entradas requeridas para dar soporte a esas salidas: *tiempo entre arribos de pasajeros, cantidad de mostradores y tiempo de atención del empleado en el mostrador*.
- **Definición del Alcance y Nivel de Detalle:** Hemos tomado decisiones conjuntas sobre qué componentes incluir o excluir en nuestro modelo. Esto comprende la exclusión del componente "Empleado", ya que consideramos que su impacto es equivalente al del mostrador. Además, hemos especificado el nivel de detalle necesario para cada componente relevante, lo que nos permitió centrarnos en las propiedades específicas que

impactarían en la reducción del tiempo de despacho de equipaje. Los resultados alcanzados a través de nuestro modelo conceptual tienen varias implicaciones importantes sobre las cuales se les pide al alumno que reflexione.

- Eficiencia Operativa: El modelo construido tiene como objetivo mejorar la eficiencia operativa de las aerolíneas al reducir el tiempo de despacho de equipaje. Esto puede traducirse en vuelos más puntuales y una mejor experiencia del cliente.
- Optimización de Recursos: Al comprender mejor el proceso de despacho de equipaje y sus componentes, los modeladores pueden tomar decisiones informadas sobre la asignación de recursos en la aerolínea al diseñar los experimentos (como el número de mostradores y la capacitación del personal).
- Satisfacción del Cliente: La reducción del tiempo de espera de los pasajeros en las colas de despacho de equipaje contribuirá significativamente a la satisfacción del cliente. Los pasajeros experimentarán un proceso más rápido y menos estresante. Esto se evidencia claramente en los elementos identificados, lo cual es una buena antesala a la elaboración del Modelo de Diseño (artefacto #2).
- Flexibilidad en la Toma de Decisiones: El modelo conceptual resultante proporciona una estructura clara para abordar la situación propuesta. Además, al ser adaptable, permite ajustar su enfoque según nuevas necesidades, entendiendo de forma clara el impacto sobre la conceptualización existente.

5. Discusión

El desarrollo del framework educativo para el modelado conceptual en ingeniería de sistemas es el resultado de un proceso meticuloso que combina investigación y educación. El primer paso en el desarrollo del framework fue llevar a cabo una extensa revisión de la literatura existente sobre modelado conceptual. Analizamos investigaciones previas, principios de modelado propuestos por expertos y ejemplos de casos de estudio en el campo de la ingeniería de sistemas. Esta revisión nos permitió identificar las mejores prácticas y los elementos clave que deben considerarse en el proceso de modelado conceptual. De todos los autores analizados, decidimos quedarnos con Robinson.

Una vez que tuvimos una comprensión sólida de las prácticas efectivas de modelado conceptual, dimos el siguiente paso: la traducción de este conocimiento en una herramienta práctica. Decidimos utilizar un formato accesible y ampliamente utilizado en M&S: una hoja de cálculo de Excel. Esta elección se basó en la idea de que los estudiantes manejan cotidianamente este tipo de software. Además, nos permite a futuro incorporar otro tipo de

características de M&S como ser, por ejemplo, los mecanismos de avance de tiempo.

Diseñamos una estructura paso a paso que refleja los hallazgos de nuestra revisión de la literatura y que proporciona una guía clara y efectiva para el proceso de modelado conceptual. Cada paso se basó en las mejores prácticas identificadas, y nos esforzamos por hacer que la guía fuera lo más intuitiva y práctica posible para los estudiantes. Visualizamos el framework como una hoja de ruta que los llevara desde la comprensión inicial de un problema hasta la creación de un modelo conceptual sólido y realista.

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

Al llevar adelante un proyecto de M&S resulta muy importante planificar y ser flexible ante el cambio, dado que se puede tener la certeza de que el modelo conceptual cambiará a medida que avance el proyecto. Un modelo conceptual sólido no solo es esencial para comprender un sistema, sino que también es una herramienta poderosa para comunicar ideas y soluciones a otros. En la ingeniería de sistemas, la comunicación efectiva es crucial, ya que los proyectos suelen involucrar a equipos multidisciplinarios y partes interesadas con diferentes niveles de experiencia. Luego, diseñar un modelo conceptual flexible, permite incorporar cambios en las entradas, salidas y el contenido de este con relativa facilidad.

Este trabajo presentó el desarrollo de un framework de modelado conceptual para abordar problemas complejos en diversos campos. El framework propuesto se basa en las ideas y principios presentados por Robinson sobre modelado conceptual, pero se adapta específicamente a las necesidades de los estudiantes de ingeniería en sistemas. A través de la creación de este framework, hemos establecido un camino para que estudiantes ISI y profesionales en campos relacionados puedan enfrentar desafíos operativos y de mejora de rendimiento con una metodología estructurada y efectiva. Este framework no solo proporciona una base sólida para la resolución de problemas, sino que también promueve la adaptabilidad y la mejora continua en la toma de decisiones. Su aplicación no se limita a una industria, sino que puede extenderse a una variedad de sectores, brindando a los estudiantes una herramienta valiosa para enfrentar problemas del mundo real de manera efectiva y eficiente.

Es importante reconocer las limitaciones de nuestro enfoque. Al recordar que especificar un modelo conceptual es un proceso iterativo, es importante entender que, hasta el momento, nuestro framework no cuenta con un soporte explícito implementado para evaluar el impacto de cambios en el modelo.

Como trabajo futuro, se vislumbra el desarrollo de una herramienta que permita la creación y gestión del modelo de manera más automatizada, liberando a los usuarios de depender exclusivamente de un archivo de Excel. Esta herramienta podría aprovechar el poder y la flexibilidad del

lenguaje de programación Python, que es ampliamente utilizado en la ingeniería en sistemas y en la ciencia de datos. Al migrar a un entorno basado en Python, se abrirían nuevas oportunidades para la automatización de tareas, y la expansión de las capacidades analíticas del modelo conceptual. Esto no solo simplificaría el proceso de modelado, sino que también permitiría una adaptación más ágil a los cambios en los datos y en los requisitos del problema, lo que sería especialmente valioso en un entorno en constante evolución.

Anexo A: Modelo del Caso de Estudio

El ejemplo práctico representa un escenario real asociado a la industria de la aviación: el despacho de equipaje en un aeropuerto internacional. El problema o situación por resolver es la eficiencia del proceso definida como “reducir el tiempo de despacho de equipaje de los pasajeros”.

La solución a dicho problema se realizó en clases de forma conjunta con el estudiante, a fin de que vaya resolviendo de manera iterativa (y de forma indirecta) los principales lineamientos propuestos. Para cada paso, a continuación, se indica la solución alcanzada.

A.1. Paso 1: Descripción del Sistema

A.1.1 Representación del Sistema

Nuestra atención se centra en una aerolínea que enfrenta dificultades significativas en sus mostradores de despacho de equipaje. Estas dificultades se reflejan en las quejas regulares de los pasajeros con respecto al tiempo que deben dedicar para realizar el despacho de sus pertenencias.

A.1.2 Estructura del Sistema

Para comprender plenamente el sistema y sus componentes, hemos desarrollado un diagrama de estructura que se encuentra disponible en la hoja "Paso 1 - Diagrama de Estructura" (Fig. A.1). Este diagrama nos proporciona una representación visual de los elementos clave dentro del sistema de despacho de equipaje, lo que incluye los mostradores, el personal de la aerolínea, los pasajeros y los equipos utilizados en el proceso.

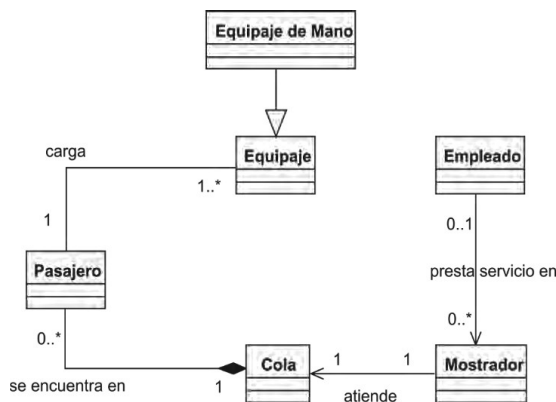


Fig. A.1. Estructura del caso de estudio.

A.1.3 Dinámica del Sistema

Además de entender la estructura, hemos analizado la dinámica del sistema, que se encuentra documentada en la hoja "Paso 1 - Diagrama de Dinámica". El diagrama se puede ver en la Fig. A.2.a para el elemento “Empleado”, Fig. A.2.b para el elemento “Pasajero”, Fig. A.2.c. para el elemento “Equipaje”, y Fig. A.2.d para el elemento “Cola”.

Este diagrama ofrece una visión detallada de cómo interactúan los diversos elementos y cómo fluye el proceso de despacho de equipaje. Esto es esencial para comprender dónde se producen retrasos y cómo se pueden abordar eficazmente.

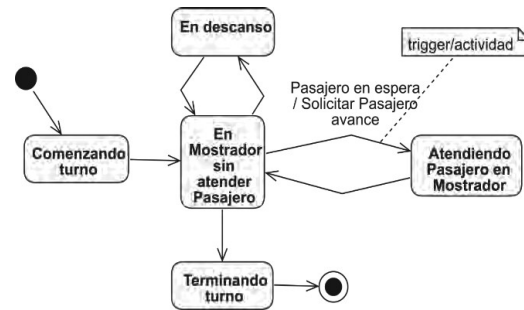


Fig. A.2.a. Diagrama de Dinámica. Elemento “Empleado”.

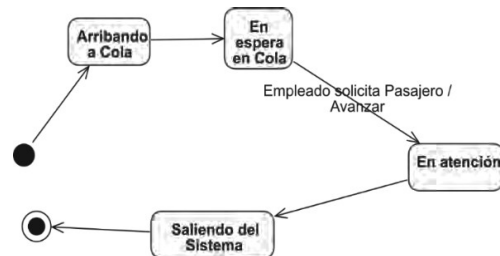


Fig. A.2.b. Diagrama de Dinámica. Elemento “Pasajero”.

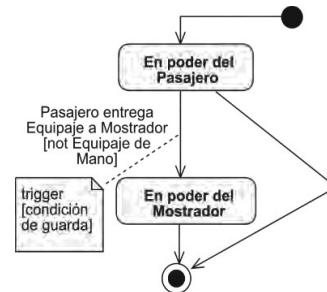


Fig. A.2.c. Diagrama de Dinámica. Elemento “Equipaje”.

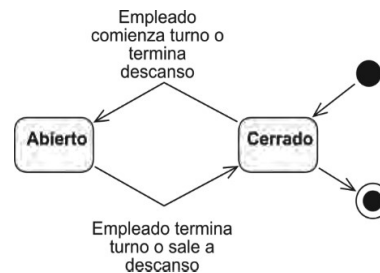


Fig. A.2.d. Diagrama de Dinámica. Elemento “Mostrador”.

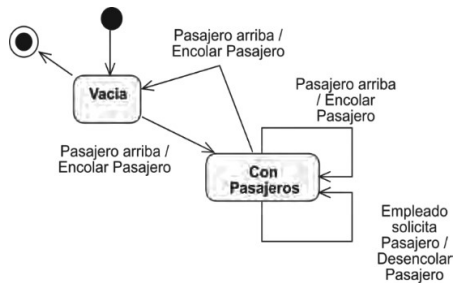


Fig. A.2.e. Diagrama de Dinámica. Elemento "Cola".

A.1.4 Suposiciones y Simplificaciones del Sistema

En este caso, hemos asumido que todos los pasajeros que son atendidos finalizan con éxito el proceso de despacho de su equipaje. Esta suposición es importante ya que nos permite centrarnos en optimizar el proceso para aquellos pasajeros que lo inician.

A.2 Paso 2: Descripción de Objetivos, Salidas y Entradas

A.2.1. Objetivo

Nuestro principal objetivo es reducir el tiempo que los pasajeros necesitan para completar el proceso de despacho de equipaje. Esto es esencial para mejorar la experiencia del cliente y la eficiencia operativa de la aerolínea.

A.2.2. Salidas

Hemos identificado una serie de salidas críticas que nos permitirán evaluar el rendimiento del sistema y medir el éxito de nuestro objetivo.

- Longitud promedio de la cola de pasajeros esperando en un mostrador: Esta métrica, relacionada con el componente "Cola", nos dará una idea de cuántos pasajeros están esperando en fila en un momento dado. Reducir esta longitud es esencial para disminuir el tiempo de espera de los pasajeros.
- Tiempo promedio de espera por pasajero: Este componente, relacionado con "Pasajero", indica cuánto tiempo en promedio un pasajero debe esperar antes de ser atendido. Nuestro objetivo es minimizar este tiempo para mejorar la satisfacción del cliente.
- Tiempo promedio de atención por pasajero: También relacionado con "Pasajero", este componente nos muestra cuánto tiempo dedica el personal del mostrador a cada pasajero. Buscamos reducir este tiempo para acelerar el proceso de despacho.
- Porcentaje de ocupación de un mostrador: Este componente, relacionado con "Mostrador", indica cuánto tiempo un mostrador está ocupado en relación con su disponibilidad total. Una alta ocupación puede indicar la eficiencia del proceso.

A.2.3. Entradas

Para comprender completamente el sistema y permitir un modelado preciso, hemos identificado las siguientes entradas esenciales:

- Tiempo entre arribos de pasajeros: Esta entrada, de tipo "Parámetro", nos proporciona información sobre la frecuencia con la que llegan los pasajeros al mostrador de despacho. Esto afecta directamente la carga de trabajo del personal.
- Cantidad de mostradores: Este factor experimental, de tipo "Factor Experimental", nos permite ajustar la cantidad de mostradores disponibles para el despacho de equipaje. Esto puede variar según la demanda y el nivel de servicio deseado.
- Tiempo de atención del empleado en mostrador: Otra entrada de tipo "Parámetro", este valor representa cuánto tiempo dedica un empleado del mostrador a atender a un pasajero. Esto influirá en el tiempo de atención promedio por pasajero.

A.3 Paso 3: Definición del Alcance y Nivel de Detalle

A.3.1. Alcance

Hemos tomado decisiones fundamentales sobre qué componentes deben incluirse o excluirse en nuestro modelo:

- Equipaje: Hemos decidido excluir el componente de "Equipaje" en nuestro modelo. Aunque el equipaje es un elemento central en el proceso de despacho, no es relevante para nuestros objetivos de reducir el tiempo de despacho de los pasajeros.
- Pasajero: Hemos decidido incluir el componente de "Pasajero". Este componente está asociado directamente con las salidas clave de nuestro modelo, como el "Tiempo promedio de espera por pasajero" y el "Tiempo promedio de atención por pasajero". Es esencial para comprender la experiencia del cliente.
- Cola: Hemos decidido incluir el componente de "Cola". Este componente está relacionado con la salida "Longitud promedio de la cola de pasajeros esperando en un mostrador". Monitorizar la cola es esencial para evaluar la eficiencia del proceso.
- Mostrador: Hemos decidido incluir el componente de "Mostrador". Este componente está asociado con la salida "Porcentaje de ocupación de un mostrador". La eficiencia en el uso de los mostradores es crucial para nuestro objetivo.
- Empleado: Hemos decidido excluir el componente de "Empleado". Aunque los empleados son relevantes para nuestros objetivos, los consideramos equivalentes al mostrador en términos de su impacto en el proceso de despacho.

A.3.2. Nivel de Detalle

En términos del nivel de detalle, hemos especificado qué propiedades deben incluirse en nuestro modelo para cada componente relevante:

- Pasajero: Hemos incluido las propiedades "Tiempo de espera en cola", "Tiempo de atención en mostrador" y "Tiempo entre arribos". Estas propiedades son cruciales para calcular el "Tiempo promedio de espera por pasajero" y el "Tiempo promedio de atención por pasajero".

- Mostrador: Hemos incluido las propiedades "Tipo de empleado", "Tiempo ocupado", "Tiempo libre" y "Tiempo de atención del empleado". Estas propiedades son esenciales para calcular el "Porcentaje de ocupación de un mostrador".
- Cola: Hemos incluido las propiedades "Cantidad de pasajeros" y "Pasajeros en cola". Estas propiedades son fundamentales para calcular la "Longitud promedio de la cola de pasajeros esperando en un mostrador".

A.4 Paso 4: Diagrama de Flujo

El Diagrama de Flujo propuesto en la Fig. A.3 es la herramienta visual clave que nos permite comprender la dinámica del proceso que ha sido modelado en las tablas previas, indicando cómo cada elemento contribuye a nuestros objetivos de reducción del tiempo de despacho de equipaje de los pasajeros.

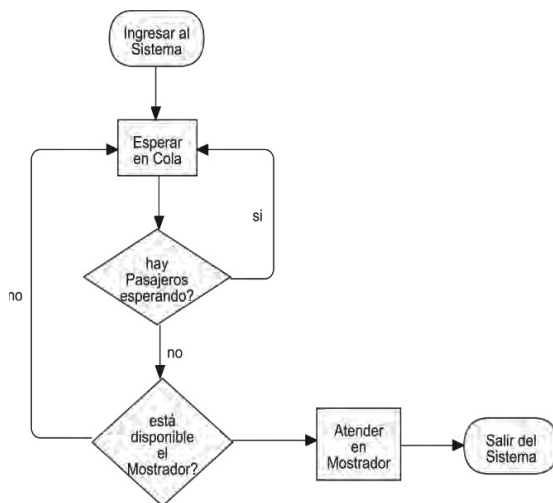


Fig. A.3. Diagrama de Flujo del caso práctico.

Referencias

- [1] W. T. Morris, "On the Art of Modeling," *Manage Sci*, vol. 13, no. 12, p. B-707-B-717, Aug. 1967, doi: 10.1287/mnsc.13.12.B707.
- [2] S. G. Powell, "The Teachers' Forum: Six Key Modeling Heuristics," *Interfaces (Providence)*, vol. 25, no. 4, pp. 114–125, Aug. 1995, doi: 10.1287/inte.25.4.114.
- [3] M. Pidd, "Just Modeling Through: A Rough Guide to Modeling," *Interfaces (Providence)*, vol. 29, no. 2, pp. 118–132, Apr. 1999, doi: 10.1287/inte.29.2.118.
- [4] Stewart Robinson, *The Practice of Model Development and Use*, 2nd ed. New York: Palgrave Macmillan, 2014.
- [5] D.-J. van der Zee, "Developing participative simulation models—framing decomposition principles for joint understanding," *Journal of*

- [6] *Simulation*, vol. 1, no. 3, pp. 187–202, Aug. 2007, doi: 10.1057/palgrave.jos.4250020.
- [7] S. Robinson, "Conceptual modelling for simulation Part II: a framework for conceptual modelling," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 59, no. 3, pp. 291–304, Mar. 2008, doi: 10.1057/palgrave.jors.2602369.
- [8] S. Robinson, "Tutorial: Choosing what to model — Conceptual modeling for simulation," in *Proceedings Title: Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference (WSC)*, IEEE, Dec. 2012, pp. 1–12. doi: 10.1109/WSC.2012.6465308.
- [9] S. Robinson and M. Pidd, "Provider and customer expectations of successful simulation projects," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 49, no. 3, pp. 200–209, Mar. 1998, doi: 10.1057/palgrave.jors.2600516.
- [10] Nelson, H., Poels, G., Genero, M., & Piattini, M. "A conceptual modeling quality framework". *Software Quality Journal*, 20, 201-228, 2012, doi: 10.1007/s11219-011-9136-9.
- [11] Brooks, R., & Wang, W. "Conceptual modelling and the project process in real simulation projects: a survey of simulation modelers". *Journal of the Operational Research Society*, 66, 1669-1685, 2015, doi: 10.1057/jors.2014.128.
- [12] Pirot, G., Renard, P., Huber, E., Straubhaar, J., & Huggenberger, P. "Influence of conceptual model uncertainty on contaminant transport forecasting in braided river aquifers". *Journal of Hydrology*, 531, 124-141, 2015, doi:10.1016/J.JHYDROL.2015.07.036.
- [13] Chen, Y., Zhao, M., Xie, Y., & Zhang, Z. "A new model of conceptual design based on Scientific Ontology and intentionality theory. Part II: The process model". *Design Studies*, 38, 139-160, 2015, doi:10.1016/J.DESTUD.2015.01.003.
- [14] Damali, U., Secchi, E., Tax, S., & McCutcheon, D. "Customer participation risk management: conceptual model and managerial assessment tool". *Journal of Service Management.*, 2020, doi:10.1108/josm-05-2018-0147.
- [15] Gonzalez-Perez, C. "What Is Conceptual Modelling", 3-8, 2018, doi:10.1007/978-3-319-72652-6_1.
- [16] Beven, K. "Towards a methodology for testing models as hypotheses in the inexact sciences". *Proceedings. Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 475, 2019, doi:10.1098/rspa.2018.0862.