

## Introducción

La modelización de sistemas dinámicos es un aspecto fundamental en las ingenierías, y en particular el uso de herramientas de matematización para caracterizar el comportamiento de sistemas dinámicos es un tema central en el área del control. Teniendo este último aspecto en consideración, en el presente documento, se aborda la presentación de una actividad propuesta y desarrollada en la Cátedra Teoría de Control (TdC), la cual se dicta en el cuarto año de la carrera Ingeniería en Sistemas de la Información de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Facultad regional La Plata (FRLP). Dicha actividad, se encuentra orientada a aportar en la formación de estudiantes en los procesos de aprendizaje, las habilidades propias de la comprensión matemática, aplicadas a la realidad por medio de los procesos de matematización y modelización.

## Matematización a partir de problemas de modelado

Un modelo matemático es el resultado de la interacción entre saberes, el cual nace en un intento de dar una explicación matemática a un determinado proceso. De esta forma, el modelo vincula el mundo cognitivo de quién lo crea (el mundo de las ideas), con el mundo real. Queda en evidencia entonces el estado transitivo de los modelos, así como de los procesos llevados a cabo para obtenerlos, puesto que mediante los mismos se intenta dar una explicación a fenómenos (intra o extra-matemáticos), sin necesariamente abordar a un resultado cerrado.

Cuando en particular, se intentan desarrollar herramientas matemáticas para su uso en ramas de la ingeniería, los casos de modelización extra-matemática tienen una fundamental relevancia. Por un lado, debido a que permite introducir el concepto de que no todos los problemas poseen una solución cerrada, y por otro lado y en conjugación con esto último, el proceso de modelización mediante el cual se aborda un problema de modelado matemático es sumamente rico en términos didácticos y educacionales. La matematización requerida para llevar a cabo tareas de modelización matemática requiere de múltiples pasos, presentados por diferentes autor(e)s como una serie de etapas las cuales son abordadas recursivamente y de forma no-lineal (ver Figura 1). Sucintamente:

- En primer lugar, se debe identificar el problema en cuestión. Esto se realiza mediante la abstracción cognitiva, para delimitar los aspectos relevantes y fundamentales del problema. Debe notarse en este punto, que se simplifica la realidad para llevar el problema a términos matemáticos abordables con las herramientas disponibles.
- Una segunda etapa, involucra el uso de los saberes conocidos previos, para plantear hipótesis y la información disponible, mediante el empleo de lenguaje formal y simbólico matemático, el cual da lugar al entendimiento del problema. Este descubrimiento del potencial de las herramientas matemáticas disponibles permite profundizar la comprensión de las relaciones entre el problema en términos matemáticos, y el problema "real". Es decir, colabora con entender el uso

de las matemáticas como una herramienta útil para desenvolverse profesionalmente.

- A partir de los ítems anteriores, los cuales no ocurren de forma lineal, sino que se interpelean sinérgicamente, se culmina con la formalización de un modelo. Este último es perfectible, susceptible al cambio constante en tanto se evalúa su desempeño e identifican más precisamente sus falencias y virtudes.

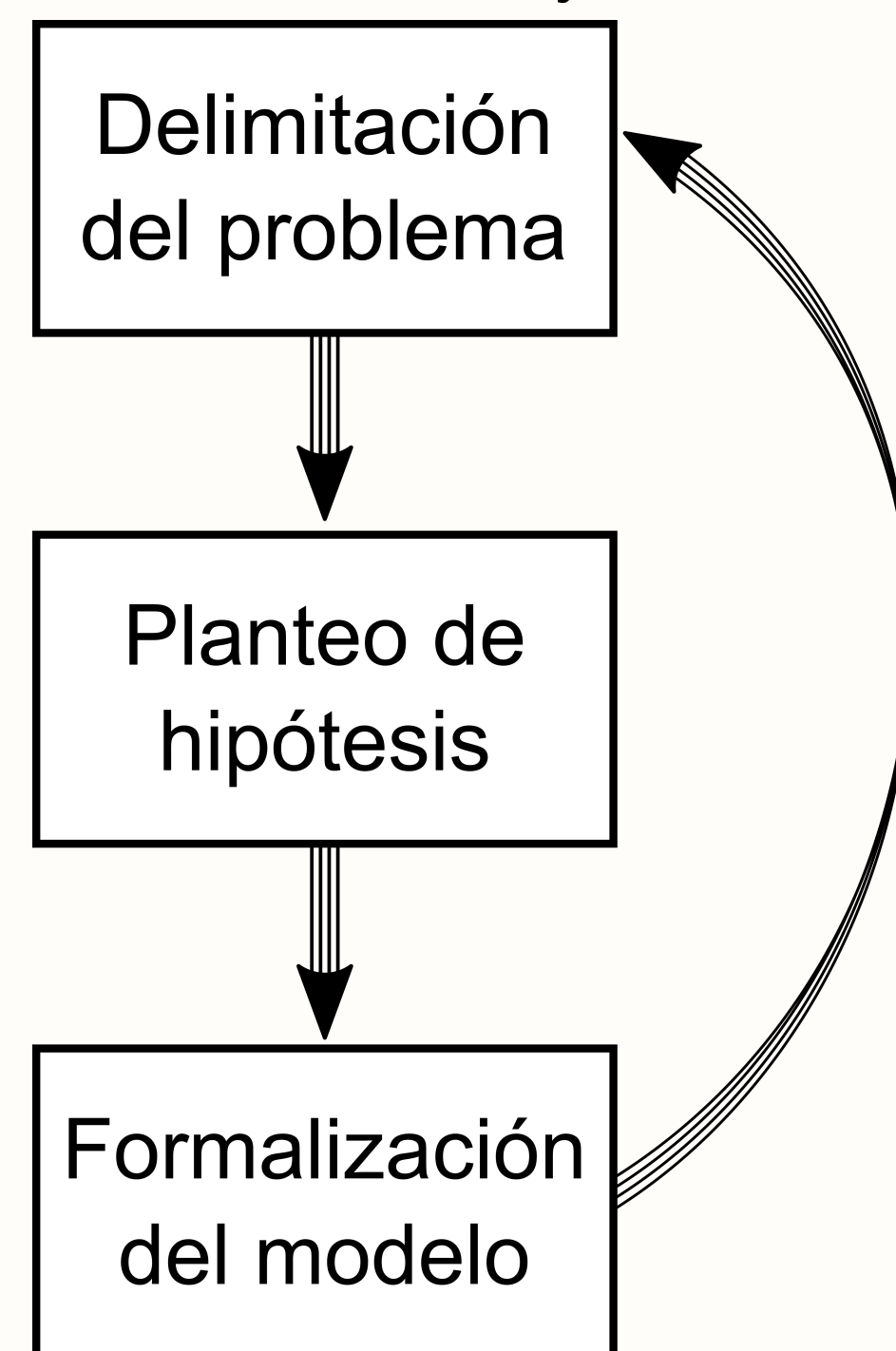


Figura 1: Diagrama del proceso de modelado en tres pasos.

## Descripción del problema de modelado

En esta sección es presentada una de las actividades desarrolladas e implementadas como herramienta en las clases del ciclo lectivo 2022. En términos generales, esta fue planteada con los siguientes objetivos:

- Aplicar herramientas de matematización para la resolución de problemas de modelización intra y extra-matemática.
- Integración de conceptos y conocimientos matemáticos para la resolución de problemas de control.
- Estimular funciones cognitivas relacionadas con la conceptualización, formulación y resolución de problemas.
- Fomentar la actitud proactiva hacia la resolución de problemas.

### Enunciado del problema

*Controlar un determinado proceso o fenómeno físico es inherente a nuestra naturaleza. Tan sólo imagine caminar con los ojos cerrados... Es evidente que en este proceso se toma información del medio circundante para tomar decisiones in situ, tendientes a mantenernos de pie, sentarnos, tomar un objeto con nuestras manos (o pies), o bien realizar cualquier acción que requiera vincularnos con nuestros alrededores.*

*En el control de sistemas dinámicos en la industria, se regula el funcionamiento de complejos procesos. Para comenzar con el diseño de controladores y para aplicar las herramientas de la teoría de control, es necesario contar con información acerca de cómo es el comportamiento del sistema a controlar y de las variables de interés en dichos sistemas.*

*Para adentrarse en algunas de las problemáticas del control en procesos industriales, se propone hallar el rango*

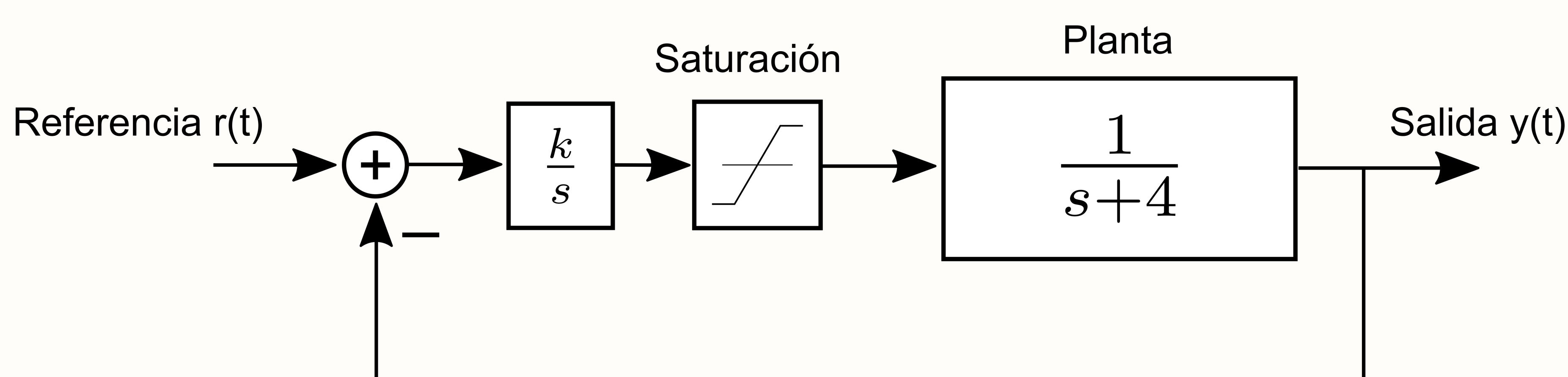


Figura 2: Diagrama en bloques del problema de modelización utilizado

de funcionamiento dentro del cual el sistema presentado en la imagen se comporta linealmente. Para esto debería identificar claramente las variables involucradas, así como establecer lineamientos claros para los requerimientos de control y la referencia del sistema. Por último, evalúe cómo podría solucionar el inconveniente presentado por la saturación del actuador.

## Resultados y problemáticas

En términos generales, el estudiantado se mostró receptivo con la problemática propuesta. Fueron conformados 13 grupos, 10 de los cuales abordaron a diferentes respuestas posibles. Adicionalmente, 2 grupos realizaron investigaciones complementarias, las cuales fueron empleadas para solucionar el efecto del windup producto de la saturación del actuador y del control integral utilizado.

Entre las problemáticas más comunes, se encontraron:

- Falta de disparadores iniciales. Para evitar la inacción en la resolución del problema, es fundamental utilizar preguntas disparadoras, que permitan incorporar herramientas de modelado.
- Inconvenientes y fallas para la resolución de problemas matemáticos básicos. A pesar de esto se remarca cómo el uso de la resolución de problemas de modelado colabora en el desarrollo de habilidades de matematización. Este marco (de resolución de problemas de modelado) sirve como mediador para el desarrollo y fortalecimiento de sus habilidades cognitivas y matemáticas.
- Inconvenientes para la redacción de los resultados obtenidos. El desarrollo de un modelo matemático requiere, no sólo de las habilidades para obtenerlo, sino también de un conjunto de herramientas específicas comunicacionales para realizar una presentación acorde a lo esperado en el cuarto año de una carrera de ingeniería.
- Falta de experiencia en el uso de los programas de simulación.
- Limitaciones del personal docente de la cátedra. Para mediar eficazmente a todo el estudiantado, se podría llegar a requerir de un número de docentes considerable. Por lo tanto, deben considerarse ejercicios de modelado que no comprometan la calidad de esta experiencia.

## Conclusiones

En este trabajo ha sido abordado el desarrollo de una actividad de modelización matemática, propuesta para ser empleada en la cátedra TdC. Esta, consta de realizar un proceso complejo de modelado, el cual debería realizarse desde cero: estudiar por su cuenta el problema planteado, y aplicar de forma consciente y autónoma, las herramientas que tengan a disposición, tanto matemáticas como de otras tecnologías de información y comunicación.

Los resultados obtenidos, indican que esta clase de técnica de enseñanza-aprendizaje basada en la modelización matemática, es una potente herramienta para utilizar en el aula. Al implementar estas técnicas, se espera que se concluya el proceso de modelado con una adecuada comprensión fenomenológica de los sistemas evaluados, pero fundamentalmente, que se apliquen de forma consciente los pasos de modelización matemática. Esto último, porque el proceso de modelado realizado por el estudiantado colabora con los procesos cognitivos requeridos para reforzar la competencia de modelización matemática y de resolución de problemas, así como también competencias relacionadas con aspectos comunicacionales y de trabajo en grupo.