



Revista Política y Estrategia N° 131, (2018)

Editada por: **Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos (ANEPE) Chile.**

Lugar de edición: Santiago, Chile

Dirección web:

<http://www.politicayestrategia.cl>

ISSN versión digital: 0719-8027

ISSN versión Impresa: 0716-7415

DOI: <https://doi.org/10.26797/rpye.v0i131>

Para citar este ensayo/ To cite this essay: QUIJADA Figueroa Sergio, ROSALES Guerrero Sergio: “*Modelos y simulaciones de Políticas Públicas*”

Revista Política y Estrategia N° 131. 2018 Pp 129-147

DOI: <https://doi.org/10.26797/rpye.v0i131.208>

Si desea publicar en Política y Estrategia, puede consultar en este enlace las Normas para los autores:

To publish in the journal go to this link:

<http://politicayestrategia.cl/index.php/rpye/about/submissions#authorGuidelines>



La Revista Política y Estrategia está distribuida bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

MODELOS Y SIMULACIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS[∞]

SERGIO QUIJADA FIGUEROA*
SERGIO ROSALES GUERRERO**

RESUMEN

Para analizar y proyectar la evolución en el tiempo de cualquier sistema, ya sea biológico, industrial o social, en tanto posean estructuras y dinámicas propias, los modelos y las simulaciones tienen hoy en día un rol fundamental que cumplir en la asesoría a los tomadores de decisiones frente a la aparición de posibles escenarios, cada uno de los cuales plantea la misma pregunta siempre: ¿Qué pasaría si...?

A través de este ensayo presentamos algunos de los beneficios de modelar y simular en el contexto de las Políticas Públicas, en particular las relacionadas con la Seguridad y Defensa.

En un proceso metodológico -Deductivo/Inductivo- desagregamos y agregamos lo que denominamos Sistema de Sistemas, los cuales tienen un comportamiento dinámico en el tiempo conforme a su ciclo de vida, y que es parte esencial en el desarrollo de Políticas Públicas.

Analizamos, asimismo, los conceptos y fundamentos asociados a los modelos y simulaciones, destacando su importancia para apoyar los procesos de toma de decisiones, en lo general y, en lo particular, a través de lo que denominamos sistematización y granularidad paralela.

En conclusión, identificamos a los modelos y simulaciones como métodos flexibles y adaptativos, que pueden contribuir a proporcionar un mayor bienestar en la sociedad, en tanto se los incorpore en los ciclos de vida de los proyectos, permitiendo de esta forma tener visibilidad para medir los efectos en el tiempo de una Política Pública.

* Doctor en Modelación y Simulación, Magíster en Ingeniería de Sistemas, Ingeniero Politécnico Militar. Coronel en retiro del Ejército de Chile, actualmente se desempeña como Jefe de Proyecto de Laboratorio de Prospectiva y Simulación de la ANEPE, Chile. squijada@anepe.cl

** Magíster en Modelación y Simulación, Ingeniero Politécnico Militar. Coronel en retiro del Ejército de Chile, actualmente realiza docencia en las universidades "Andrés Bello", "Mayor" y "Central, Chile. srosales@anepe.cl

∞ Fecha de recepción: 250318 - Fecha de aceptación: 290518.

Palabras clave: *Política Pública; simulación; modelos; sistema de sistemas; retroalimentación; KPI; Montecarlo.*

MODELS AND SIMULATIONS OF PUBLIC POLICIES

ABSTRACT

To analyze and project the evolution of any system, be it biological, industrial or social, as long as they have their own structures and dynamics, models and simulations, today they have a fundamental role to fulfill in advising policy decisions makers against the appearance of possible scenarios, each of which raises the same question always: What would happen if ... ?

Through this essay we present some benefits of modeling and simulating in the context of Public Policies, particularly those related to Security and Defense.

In a Deductive/Inductive we disaggregate and add what we call System of Systems, which have a dynamic behavior in time according to their life cycle, being an essential part in the development of Public Policies.

We also analyze the concepts and fundamentals associated with the models and simulations, highlighting their importance to support the decision-making processes, in general and, in particular, through what we call parallelization and granularity.

In conclusion, we identify the models and simulations as flexible and adaptive methods that can contribute to provide greater welfare in society, as long as they are considered in the life cycles of the projects allowing visibility to measure the effects in time of a Public Policy.

Key words: *Public Policy; simulation; models; system of systems; re-feedback; KPI; Monte Carlo.*

MODELOS E SIMULAÇÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

RESUMO

Para analisar e projetar a evolução ao longo do tempo de qualquer sistema, seja biológica, industrial ou social, enquanto estruturas e dinâmicas que possuem possuir, modelos e simulações têm hoje um papel fundamental a desempenhar no aconselhamento seguros decisões contra o aparecimento de possíveis cenários, cada um

dos quais levanta sempre a mesma questão: O que aconteceria se ...?

Por meio deste ensaio, apresentamos alguns dos benefícios da modelagem e simulação no contexto das Políticas Públicas, particularmente aquelas relacionadas à Segurança e Defesa.

Em um processo metodológico, Dedutivo/Desagregada, desagregamos e adicionamos o que chamamos de sistema de sistemas, que têm um comportamento dinâmico ao longo do tempo de acordo com seu ciclo de vida, que é uma parte essencial no desenvolvimento de políticas públicas.

Analizamos também os conceitos e fundamentos associados aos modelos e simulações, ressaltando sua importância para apoiar os processos de tomada de decisão, em geral e, em particular, através do que chamamos de paralelização e granularidade.

Em conclusão, identificamos os modelos e simulações como métodos flexíveis e adaptativos, que podem contribuir para proporcionar maior bem-estar na sociedade, desde que incorporados aos ciclos de vida dos projetos, permitindo assim visibilidade para medir os efeitos no tempo de uma Política Pública.

Palavras-chave: *Política Pública; simulação; modelos; sistema de sistema; feedback; KPI; Monte Carlo.*

1. LAS POLÍTICAS PÚBLICAS Y LA CONVERGENCIA A TRAVÉS DE MODELOS Y SIMULACIONES

La inversión que realizamos como sociedad en las áreas que consideramos deficitarias o que requieren de incentivos desde la óptica del “bien común”, las denominamos Políticas Públicas, las cuales van asociadas, la mayor parte de las veces, a fondos considerables provenientes del erario nacional.

El proceso de decisión para definir dónde invertir, cómo invertir y cuándo invertir, involucra a diferentes actores gubernamentales, legislativos, sociales y privados, los que exponen sus visiones basados en análisis propios, tanto en lo cualitativo como en lo cuantitativo, lo que en ocasiones da lugar a una evidente falta de convergencia respecto a la definición del problema, sus causas, sus consecuencias y sus efectos asociados.

Por otra parte, constituye una obligación de parte de la autoridad el generar convergencias de tal modo que las decisiones sean lo suficientemente robustas y sostenibles en el tiempo. Así, entonces, postulamos que los modelos y simulaciones constituyen herramientas significativas para encontrar la mencionada y necesaria convergencia respecto a cómo, dónde y cuándo implementar una Política Pública.

Entre el conjunto de variadas herramientas destinadas a medir el efecto de estas políticas en el tiempo, se encuentran algunas de uso común y de larga data, provenientes de una época anterior al desarrollo de la computación digital, y que se conocen como TIR, VAN y PRI¹, entre otros. Con todas sus limitaciones, ellas permiten generar una idea del retorno o del beneficio que traería consigo una determinada inversión, en el marco de una óptica, que por otra parte no daba lugar a posibilidades más amplias, incluso insospechadas, en el espacio ilimitado de la realidad.

“En 1968, Will y Ariel Durant, escribían: ‘En los Estados Unidos la tasa de natalidad más baja de los anglosajones ha deteriorado su poder político y económico; y la tasa más alta de las familias romano-católicas sugiere que para el año 2000 la Iglesia Católica Romana será la fuerza dominante tanto en lo nacional, como en lo municipal y estatal’. Lo que dejaron de considerar fue que durante esos treinta y dos años muchos católicos abandonarían la iglesia, y muchos otros empezaría a usar métodos de control de la natalidad a pesar de la prohibición de la Iglesia. *Escenarios alternativos a lo observado por ellos en 1968 eran difíciles de imaginar*”².

Postulamos, entonces, la necesidad que los diferentes actores que participen de la generación e implementación de una Política Pública, asocien a sus análisis un conjunto de modelos y simulaciones que inviten a la convergencia, mediante la creación de variados escenarios, que permitan proporcionar visibilidad en el tiempo de los efectos de la decisión en un contexto sistémico (esto es, en el amplio y variado espacio de lo real).

Para ello proponemos una metodología basada en modelos y simulaciones que han demostrado su efectividad en variados ámbitos, sean estos industriales, de servicios, computacionales y/o sociales. En lo particular, la metodología apoyaría en forma estructural a aquellas decisiones de invertir en Seguridad y Defensa, proporcionando evidencia estadística respecto a los costos y beneficios que, en el tiempo, generan las instituciones de la Fuerzas Armadas para el país.

Para efectos de este trabajo, definimos a una Política Pública como un sistema dinámico que se gesta, desarrolla y caduca en el tiempo, y que interactúa en un ambiente con otros sistemas, dando lugar a un espacio que denominaremos Sistema de Sistemas (SoS)³.

¹ TIR Acrónimo para el indicador Tasa Interna de Retorno. VAN Acrónimo para el indicador Valor Actualizado Neto. PRI Acrónimo para el Período de Recuperación de la Inversión.

² LEVITIN, Daniel J. “Weaponized lies: How to think critically in the Post-Truth Era;” New York; Dutton – Penguin Random House; 2016; p. 154.

³ SoS es un acrónimo para representar el concepto de System of Systems que implica la integración de múltiples sistemas para alcanzar un objetivo que originalmente no estaba en su misión. Para mayor información ver: JAM-SHIDI, Mo. “Systems of Systems Engineering: Principles and Applications”. Boca Raton. CRC Press; 2009; p. 03-191.

Así, entonces, una visión sistémica permitirá identificar causas y efectos con menor variabilidad, y más allá del criterio financiero y de impacto social, por medio de la definición de modelos y simulaciones que entregan a los actores relacionados un consenso respecto al problema que se enfrenta, además de una abstracción común y compartida.

Lo anterior proporciona herramientas para reducir el riesgo de producir efectos no deseados por parte de las Políticas Públicas en Seguridad y Defensa, y de esta forma evitar incurrir en errores tan significativos como han sido, por ejemplo, la implementación de sistemas de transporte complejos, sistemas regulatorios de la natalidad en algunos países, políticas de restricción migratoria, políticas de defensa basadas en amenazas, entre otros muchos casos posibles de analizar.

2. LOS PROCESOS, CICLO DE VIDA Y SISTEMA DE SISTEMAS (SOS) EN RELACIÓN CON LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Para modelar y simular requerimos de un marco general de análisis, que permita una visualización de la Política Pública, desde su origen hasta su término.

Al respecto, existen documentados estudios que tienen relación a los procedimientos que utilizan los gobiernos, los centros de estudios y los organismos internacionales para analizar la implementación de este tipo de políticas.

Dichos instrumentos, que se utilizan para medir el impacto en el tiempo de dichas políticas, se encuentran insertos –la mayor parte de las veces– en las nombradas técnicas de evaluación de proyectos, que no dan cuenta en su totalidad, de las causas y efectos del problema que se estudia, y no proporcionan mecanismos para determinar la variabilidad en el tiempo.

En el contexto de nuestro análisis, proponemos una definición de Política Pública como: *“Conjunto de acciones sistematizadas, guiadas y planificadas por un gobierno, en el tiempo, con la participación de actores sociales, públicos y privados, tendientes a desarrollar, modificar o incentivar infraestructura física, provisión de servicios y generar conductas, que proporcionen un mayor bienestar y protección a la población”*⁴.

De la definición anterior se desprende que las Políticas Públicas, en lo general y en lo particular también las relacionadas con Seguridad y Defensa, se desarrollan en un contexto de sistemas, que evolucionan en el tiempo, y que requerirán para su implementación de recursos, que finalmente se traducen en inversiones monetarias, muchas veces cuantiosas, y que en algunos casos comprometen estructuralmente los presupuestos nacionales en el tiempo.

⁴ Definición de los autores, en relación al contexto de modelo y simulaciones.

Así, entonces, podemos inferir que el desarrollo de una Política Pública tiene lo que denominaremos “atributos,” que son aspectos no siempre visibles o evidentes asociados a su definición, y que emergen como características esenciales de nuestro análisis.

El primero de estos atributos es el correspondiente al “Proceso”. Este concepto permite asegurar la trazabilidad que tendrá el desarrollo de la Política Pública desde el origen de la misma (o punto de partida) hasta el final; se incorpora aquí también a cada uno de los actores que participan de ella, incluida la orientación, el control y la guía gubernamental.

La estructuración de estos *Procesos*, implica que existirá una concatenación de actividades en el tiempo, posibles de tipificar, por donde deberá transitar la Política Pública. En consecuencia, emerge el segundo atributo asociado que nos dice que toda Política Pública tendrá un “Ciclo de Vida”, que comprenderá las diferentes etapas de gestación, implementación y aplicación, hasta su modificación, actualización y/o extinción.

De nuestras definiciones de conceptos podemos evidenciar que la Política Pública se desarrolla en un contexto sistémico, evoluciona como un vector con su respectiva dirección, magnitud y orientación, y a través de su *Ciclo de Vida* sufrirá mutaciones tendientes a optimizarla o adecuarla a nuevos contextos sistémicos.

Así, el *Ciclo de Vida* y los *Procesos* asociados insertos en la Política Pública tendrán múltiples interacciones con diferentes sistemas que ya existen, o que se implementarán producto de otras necesidades sociales y de seguridad, de lo que surge, entonces, el tercer atributo asociado que corresponde al concepto de “Sistema de Sistemas” (SoS).

Un SoS representará el ambiente de interacción que circunda en el tiempo y en que se desarrolla la Política Pública, desde su gestación hasta su finalización, considerando los intercambios de flujos con otros sistemas, ya desarrollados, en desarrollo o que se implementarán en el futuro.

Derivado de las características recursivas de los sistemas, alguien podría argumentar que un SoS estaría representando un supra sistema, que en lo esencial mantiene las mismas características que un sistema, y precisamente allí –fundamental y distintivamente– emerge la diferencia de un SoS con un sistema.

En efecto, dentro de las múltiples definiciones de un sistema, encontraremos consenso respecto a que dicho organismo fue diseñado para alcanzar un objetivo muy bien definido, siendo dotado, ya sea biológica, computacional, social o físicamente, de una estructura funcional que les permite alcanzar el objetivo, el que en esencia constituye la misión del sistema.

Sin embargo, si bien los SoS son estructuras conformadas por sistemas y mantienen propiedades de éstos a través de la complementación de sus funcionalidades, *la diferencia esencial radica en que los SoS tienen nuevos objetivos*

y misiones para los cuales originalmente sus sistemas componentes no fueron mandatados en su origen.

Ejemplos de SoS los encontramos en:

- SoS Transantiago: Compuesto, entre otros por los sistemas: Tren Metropolitano, Sistema de Control y Despacho, Sistema de Vías segregadas y no segregadas, Alimentadores, Tren Suburbano.
- SoS Infraestructura Crítica: Compuesto, entre otros por los sistemas: Red Eléctrica en Generación-Transporte-Distribución, Sistema de Control y Despacho, Sistema de Comunicaciones y Datos, Sistemas Portuarios.
- SoS Fuerza de Operaciones de Paz (PKO): Compuesto entre otros por los sistemas: Integración de personal de diferentes nacionalidades, Unidades, Equipamiento, Vehículos terrestres, aéreos y marítimos, Telecomunicaciones.
- SoS Hospital Nivel Terciario: Compuesto, entre otros por los sistemas: Atención de Urgencia, Sistema Hospitalización, Sistema Pabellones, Sistemas Industriales, Sistema Eléctrico.
- SoS Aeropuerto: Compuesto entre otros por los sistemas: Red GPS, Sistema de Control, Sistema Pasajeros Nacionales, Sistema Pasajeros Internacionales, Policía Internacional.

Hasta ahora hemos definido tres conceptos esenciales para el desarrollo de una metodología de modelación y simulación de Políticas Públicas. A continuación, desarrollaremos un proceso de inferencia vertical para analizar los SoS y las Políticas Públicas que nos permitan posteriormente proyectarlas en el tiempo.

3. PROCESO DE RETROALIMENTACIÓN CIRCULAR INDUCTIVO-DEDUCTIVO E IDENTIFICACIÓN DE PATRONES

Habiendo definido a las Políticas Públicas como un conjunto de acciones desarrolladas en un contexto de *Sistema de Sistemas* (SoS), las que son planificadas, gestionadas y controladas por un gobierno en el tiempo, surge la necesidad de contar con mecanismos que permitan un análisis de verticalidad, hacia arriba y hacia abajo de las Políticas Públicas. (Notar que el SoS se constituye como un nivel de abstracción de la realidad objetiva, que nos permitirá el análisis y síntesis del proceso Inductivo/Deductivo.)

El proceso que proponemos tiene especial adaptabilidad para evaluar las Políticas Públicas de Seguridad y Defensa en un contexto ex ante y ex post, debido a las usuales múltiples controversias que producen este tipo de inversiones en la sociedad, ante la disyuntiva de “cañones o mantequilla”.

Inicialmente, y en un proceso de inferencia metodológica, presentamos dos mecanismos de análisis en función de la mencionada verticalidad: el primero

de ellos conocido como enfoque deductivo (*Top Down*), plantea el contexto general del problema para, posteriormente, analizar funcionalmente la estructura por partes del SoS bajo análisis.

Seguidamente, bajo la perspectiva de un enfoque positivo que nos permite desarrollar un mecanismo genérico de abstracción aplicable a cualquier tipo de Política Pública, resulta necesario preguntarnos: ¿Cuál es la estructura del SoS que deberá ser estudiada?

La pregunta nos lleva a la necesaria desagregación del SoS, en *sistemas integrantes* que interactúan entre sí, ya sea como mecanismos físicos o conceptuales, asociando al nivel de abstracción los atributos funcionales que permiten justificar su inclusión en el proceso de análisis. (Notar también que los sistemas se constituyen como el segundo nivel de abstracción de la realidad objetiva en donde se insertan las Políticas Públicas).

Seguidamente, el proceso deductivo lleva a la identificación funcional de los *subsistemas* presentes y sus atributos, en cada uno de los *sistemas*, para posteriormente avanzar hacia abajo, con el propósito de formalizar los *componentes* integrantes de los *subsistemas*, abarcando nuevamente los atributos funcionales, que ameritan su presencia en el nivel de abstracción que denominamos componentes. (Los *subsistemas* y los *componentes* son el tercer y cuarto nivel de abstracción de la realidad objetiva en donde se insertan las Políticas Públicas en lo general y en lo particular en Seguridad y Defensa).

Finalmente, al develar la estructura funcional del SoS en los *sistemas*, *subsistemas* y *componentes*, se requerirá la identificación del objeto último de las diferentes capas que denominaremos “*elementos*”, los que constituyen la base de las interacciones dinámicas del conjunto agregado de niveles que evolucionará en el tiempo, de acuerdo con su *ciclo de vida*. (Notar que los activadores de las Políticas Públicas, a través de acciones concretas, se encuentran en este último nivel de abstracción, de allí la importancia fundamental de los denominados *elementos*).

La descripción precedente obedece a un proceso *deductivo*, sin embargo, una segunda aproximación metodológica emerge al utilizar un enfoque *inductivo* (*Bottom Up*) de abajo hacia arriba, a partir de la identificación de los elementos objetivos del mundo real que, por medio de sucesivas abstracciones verticales -ahora hacia arriba-, integran los componentes, *subsistemas* y *sistemas*, hasta llegar a formar el SoS en el cual se desenvuelven las Políticas Públicas.

El enfoque *Bottom Up* es un conjunto de procesos agregados que permite “dar sentido” a las estructuras en las cuales interactúan los diferentes niveles de las Políticas Públicas y se manifiestan a través de la evidencia, que admite sintetizar los *elementos*, *componentes* y *subsistemas*.

Seguidamente, en contraposición al enfoque deductivo, la inducción constituye un enfoque complementario, necesario y paralelo, para estudiar la evolu-

ción de un SoS en el tiempo y, en consecuencia, generar una mayor robustez de las decisiones en beneficio de la sociedad.

Hasta aquí hemos descrito un proceso de inferencia vertical en dos sentidos, en relación con el todo representado como un SoS, y con lo más pequeño, representado como un elemento constitutivo basal de cualquier nivel de agregación. En síntesis, hemos ido de lo general a lo particular y de lo particular a lo general; sin embargo, ¿podríamos inferir desplazándonos de lo específico a lo específico o de lo general a lo general? Es decir, estamos planteando una interrogante, en función de analizar la posibilidad de utilizar el conocimiento de las estructuras agregadas y desagregadas de Políticas Públicas pasadas, para proyectar nuevas Políticas hacia el futuro.

En efecto, si estamos en una asociación de razonamiento metodológico, para asegurar el efecto de las Políticas Públicas en el tiempo, al razonamiento de lo específico a lo específico (o particular a lo particular), lo denominamos “*Granularidad Paralela*”⁵, que se manifestará como patrones estructurales bases, que han sido efectivos en otras áreas y tiempos, pero que se estima representan una base de conocimiento, para proyectar el comportamiento de los sistemas insertos en las Políticas Públicas bajo estudio. En síntesis, estamos utilizando la experiencia desagregada del pasado, para proyectar con eficiencia y efectividad hacia el futuro.

En un contexto superior, también podemos identificar patrones generales que definimos como “*Sistematización Paralela*”, al referirnos al estudio comparativo de los niveles agregados de un SoS, que permite utilizar las lecciones aprendidas de implementación previas de Políticas Públicas, las que se generaron en entornos diferentes con objetivos y alcances diferentes⁶.

Resulta evidente que se podría formular la pregunta respecto a cuáles son las diferencias entre la *Granularidad Paralela* y la *Sistematización Paralela*. La respuesta está en la dicotomía complementaria del análisis y la síntesis, el todo y el elemento, el concepto y la acción, la generalidad y la particularidad.

En efecto, siendo los patrones modelos de buenas prácticas que han resultado exitosos en pasadas implementaciones de Políticas Públicas, podremos obtener experiencia empírica a nivel de ejecución (utilización de los patrones basales) que cubren la brecha de necesidades que viene a satisfacer la Política Pública. No obstante, los patrones que son producto de la *Granularidad Paralela*,

⁵ Concepto de *granularidad paralela*, es propuesto por los autores, para conceptualizar el proceso de identificación de estructuras basales en sistemas, que pueden ser utilizados como patrones de buenas prácticas, en el diseño de nuevos sistemas en el contexto de las Políticas Públicas.

⁶ Concepto de *sistematización paralela*, es propuesto por los autores, para conceptualizar el proceso global, de identificación de principios, planes, orientaciones y lecciones en Políticas Públicas previas, y cuyas buenas prácticas pueden ser utilizadas en el diseño de nuevos sistemas en el contexto de las Políticas Públicas.

que se manifiestan como acción, empleo de elementos, particularidades, entre otros, no aportan y nada tienen que decir con respecto a la gestación de Políticas Públicas en un nivel superior de abstracción, es decir en el contexto de un SoS.

Por otra parte, la *Sistematización Paralela* constituye la identificación de patrones de Políticas Públicas pasadas, en el plano de las ideas, de los conceptos y sus lecciones aprendidas, que inspiran a gobernantes, legisladores y gobernados con potenciales soluciones que impactan a la sociedad estructuralmente.

En síntesis, presentamos un proceso de inferencia circular que nos permite abordar la complejidad de un SoS en donde se desenvuelven las Políticas Públicas. Dicho proceso se manifiesta en un *Ciclo de Vida* intermitente, que se desplaza de lo general a lo específico, de lo específico a lo específico, de lo específico a lo general y de lo general a lo general.

Como definimos en el apartado precedente, un SoS inserto en una Política Pública evoluciona en el tiempo, aspecto al que denominamos *Ciclo de Vida*, por tanto, el proceso de inferencia circular del SoS estará sujeto a permanentes interacciones producto de la mencionada evolución.

En particular, el proceso de retroalimentación circular Inductivo-Deductivo aplicado en la Seguridad y Defensa, permite a los tomadores de decisiones de nivel estratégico, político y económico, disponer de una metodología para proyectar una trazabilidad de los Sistemas de Defensa en el tiempo, por medio de los Ciclos de Vida de los sistemas y sus procesos asociados.

4. LA IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y SU MODELO ASOCIADO

La generación e implementación de una Política Pública a través de acciones que se desarrollan en el tiempo, requiere inicialmente de la identificación y el análisis preciso del problema que afecta a la sociedad, con el fin último de proporcionar soluciones eficientes, eficaces y sostenibles en el tiempo.

Investigadores en el campo de los procesos de toma de decisiones han demostrado que, en la recepción y procesamiento de estímulos externos por parte del ser humano, existe una dominancia de los estímulos visuales por sobre los auditivos y táctiles⁷. Así, entonces, cuando analizamos un sistema complejo en búsqueda de las anomalías que produce un problema, podría ser conveniente desarrollar una interfaz visual que proporcione una vista o conjunto de vistas del problema que se quiere enfrentar.

Lo precedente ha sido recogido como modelos gráficos incorporados a la disciplina de Ingeniería de Sistemas, en donde se ha desarrollado un conjunto de herramientas y metodologías para identificar los componentes esenciales de

⁷ SINNETT, S., SPENCER, C. y SOTO-FARACO, S. "Visual dominance and attention: The Colavita effect revisited". *Perception & Psychophysics*. July 2007, Volume 69, Issue 5, pp. 673–686.

un problema, los cuales aplican en toda su extensión en el análisis de Políticas Públicas. (No podría existir una mayor dilapidación de recursos presupuestarios públicos, que asignar recursos para solucionar el problema equivocado).

Por otro lado, producto de los altos estándares de la producción japonesa, se acuñó una frase que se atribuye a la industria de ese país y que enseña que la definición correcta de un problema constituye un 90% de la solución.

Con otras palabras, Albert Einstein, señaló lo mismo: “Si me dieran una hora para salvar el planeta, consumiría 55 minutos averiguando el problema (es decir elaborando el diagnóstico) y tan solo cinco resolviéndolo”.

Nuestra experiencia en sistemas de defensa y toma de decisiones críticas nos permite caracterizar a la identificación del problema, como un conjunto de variables que interactúan en el tiempo y que producen un efecto no deseado en el SoS. Por tanto, el problema en su esencia es dinámico, y debe ser analizado con técnicas que permitan representar dicha característica; nos referimos a la posibilidad de generar modelos dinámicos que admitan el cambio de las variables componentes del problema en el tiempo. En este sentido, los modelos computacionales permiten “recrear” o “simular” la naturaleza de la particularidad del problema, por medio de algoritmos que proporcionan métricas, ubicaciones, capacidades, demandas, entre otros muchos parámetros del problema real.

La pregunta evidente es: ¿cómo desarrollar un modelo exacto que simule la esencia del problema, y que constituya la génesis de la Política Pública a implementar?

La respuesta tiene múltiples variantes, y dependerá de los datos y estructura del sistema o SoS que se está analizando, para buscar su solución mediante la implementación de una Política Pública. Para ello, podemos utilizar técnicas que han demostrado eficacia en las diferentes ramas de la ingeniería, empleando fundamentalmente modelos matemáticos, algoritmos y procesamiento de datos estadísticos.

En el contexto de las Políticas Públicas, la taxonomía que presentamos contiene cinco tipos de problemas que tienen asociados diferentes modelos para encontrar potenciales soluciones, ellos son:

- *Problemas de Asignación:* Aquellos que son determinísticos y que, por su estructura, requieren de un algoritmo matemático que defina la distribución óptima de recursos conforme a un objetivo y un conjunto de restricciones. Ejemplo clásico de este tipo de problemas son los modelos que optimizan, en forma global o local, tales como los algoritmos de programación lineal o no lineal.
- *Problemas Combinatorios:* Aquellos que, siendo determinísticos presentan un espacio de solución que tiende al infinito, y requieren de heurísticas de optimización para estudiar su composición. Ejemplo clásico de este tipo de problema se encuentra en los algoritmos para determinar la ruta más corta.

- *Problemas Estocásticos:* Aquellos que están compuestos por procesos bien definidos, pero la naturaleza de las variables aleatorias que lo componen obliga a tener que capturar data exhaustiva para comprender su funcionamiento a través de distribuciones de probabilidad, e identificar los problemas en su estructura. Una proporción importante de los problemas insertos en las Políticas Públicas son de esta naturaleza.
- *Problemas de Comparación Jerárquica:* Aquellos que requieren obtener las preferencias (utilidad) de los tomadores de decisiones, comparando de par en par criterios y alternativas factibles de desagregar jerárquicamente. Ejemplos de este tipo de problemas están representando por los métodos multicriterio.
- *Problemas con Oponente:* Aquellos que tienen dos o más roles con objetivos contrapuestos, y que adoptarán conductas tendientes a optimizar su utilidad en detrimento de la parte opuesta. Ejemplo de este tipo de problema son los que solucionan los modelos de Teoría de Juegos.

En el campo de la estadística y la investigación de operaciones, la literatura presenta un amplio espectro de modelos determinísticos y estocásticos, que tienden a comprender y definir adecuadamente el tipo de problema que se debe abordar, con el propósito de implementar una Política Pública en el tiempo. En el contexto de nuestro análisis, el foco estará en la proyección a través de modelos y simulaciones, es decir, en la representación aleatoria de la estructura de los sistemas.

5. EL MECANISMO DE MODELOS Y SIMULACIONES EN LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Para identificar y/o disminuir el riesgo en Políticas Públicas de gran magnitud, que impliquen onerosos recursos en el presupuesto nacional, un grupo multidisciplinario de decidores podría preguntarse cómo cuantificar el riesgo que estamos proyectando (sin saberlo) por el hecho de implementar tal o cual política pública.

Probablemente, una de las técnicas más efectivas para responder dicha pregunta son los diferentes procedimientos contenidos en las metodologías de simulación. En efecto, esta disciplina o técnica es un conjunto de modelos sustentados en las matemáticas y la estadística para representar un sistema físico y/o social en su estado presente, pasado o futuro. Su objetivo es analizar la estructura de dicho sistema y proyectar su evolución en el tiempo, alcanzando rendimientos optimizados.

Se entiende, entonces, que existen variadas técnicas y modelos para identificar riesgos asociados a inversiones públicas y privadas, y una de ellas es el

conjunto de técnicas de simulación que a su vez contiene diferentes procedimientos de aplicación.

Pero respecto al concepto de modelo, ¿qué relación existe entre un modelo y una simulación?

El elemento esencial de la simulación es el modelo, que se manifiesta como una abstracción analógica y/o digital del sistema que estamos estudiando. Es decir, el modelo es la posibilidad que tiene el ser humano de tomar una parte de la realidad concreta que está observando y traspassarla a un ambiente análogo o digital.

Así, por ejemplo, un modelo puede representar la jerarquía de una empresa en una abstracción a la que denominamos organigrama. Otro ejemplo de modelo es un mapa que contiene los elementos principales de un espacio geográfico. Un tercer ejemplo de modelo son las ecuaciones de oferta y demanda, que contiene los elementos esenciales para determinar el precio de un producto.

Sin embargo, si bien podemos insertar en el modelo aspectos importantes de la realidad objetiva que observamos, carecemos de la capacidad de procesamiento cognitivo para incorporar una variable fundamental que permite proyectar las políticas públicas, esta variable es el *tiempo*.

Así, entonces, si unimos secuencialmente un conjunto de modelos ordenadamente articulados en el tiempo lograremos pasar de los modelos a la simulación de un sistema, lo que nos permitirá estudiar su evolución. Luego, definimos a una simulación como un conjunto de modelos en el tiempo.

En síntesis, podemos señalar que, para proyectar los efectos de las Políticas Públicas, existen modelos secuencialmente organizados en el tiempo que estructuran una simulación que, a su vez nos permite representar artificialmente la pregunta sobre *¿cómo un sistema, asociado a una Política Pública, podría evolucionar?*

Sin duda, resulta atractivo el poder contar con herramientas matemático-estadísticas que permiten analizar el pasado, observar el presente y proyectar el futuro, pero, ¿cuál es la confianza que podemos tener, respecto a los resultados que entregan los modelos de simulación?

Al comienzo señalábamos que los modelos y las simulaciones son abstracciones de la realidad, que nos permiten comprender el funcionamiento de un sistema inserto en una Política Pública, por tanto los resultados y su precisión dependerán del conocimiento que tenemos de la estructura del sistema, sus procesos y objetos del flujo (elementos de entrada y salida), que gobiernan sus procesos. Todo modelo de simulación es una abstracción simplificada de la realidad, y como tal tendrá siempre márgenes de error asociado.

Siendo cualquier sistema -por esencia- dinámico en su conducta organizacional, sus resultados cambiarán periódicamente, conforme cambian las variables externas e internas que conforman la estructura y procesos asociados.

El fenómeno de dispersión de resultados se denomina *variabilidad* y de ella dependerá la confianza que podremos asociar a los resultados del sistema simulado. Usualmente la confianza se denota por medio de la probabilidad que los resultados, en el tiempo, se encuentren dentro de un rango de valores mínimos y máximos.

Habiendo explicado la confianza asociada a la variabilidad de un sistema, resulta lógico que aspiremos a tener resultados con niveles de confianza reducidos; por tanto ¿de qué factores depende la variabilidad de un sistema?

Señalamos anteriormente que todo sistema tiene una estructura, procesos y entidades, los cuales generan indicadores respecto a su funcionamiento. Dichos indicadores usualmente se asocian a la palabra métricas o KPI (Key Performance Indicator).

Supongamos que estamos diseñando un hospital móvil de campaña para apoyar logísticamente a unidades militares en diferentes misiones. Al analizarlo como SoS su estructura desagregada, estará en relación con los diferentes servicios que proporciona, sean estos procesos ambulatorios, urgencia, pabellones, hospitalización, entre otros. Por tanto, también sus procesos estarán asociados a las actividades realizadas a través de procedimientos y ejecución de una ruta física, que cumplen los objetos (pacientes o insumos asociados a los servicios que presta el hospital).

Si consideramos, por ejemplo, el KPI cantidad de pacientes atendido un lunes en el servicio de urgencia ¿podríamos asegurar que dicha cantidad sea la misma que los atendidos cualquier otro día de la semana? O en su defecto ¿podríamos asegurar que el KPI número de viajes mensuales de las ambulancias sea el mismo cada mes del año?

Ambos ejemplos nos permiten representar los KPI de un sistema como indicadores dependientes de variables externas e internas al hospital militar de campaña, que *no aseguran* que los valores obtenidos en un lapso determinado se vayan a repetir en otro lapso. Emerge como consecuencia el concepto de *variables aleatorias* en los sistemas, que se generan matemáticamente a partir de distribuciones de probabilidad.

Finalmente, podemos responder que la variabilidad dependerá del comportamiento que tengan las variables aleatorias asociadas a los objetos y/o procesos de un sistema. Si tenemos definido el sistema o conjunto de sistemas que están relacionados con la implementación de una Política Pública, ¿cómo podemos identificar las características de las variables aleatorias asociada a los objetos y procesos de un sistema que integra una Política Pública?

Los datos que un sistema ha generado en el pasado constituye la información que se requiere para poder representar, a través de una expresión matemática, el comportamiento de los diferentes procesos del sistema en estudio. El procedimiento se denomina test de hipótesis –estadísticamente conocido como

test de bondad de ajuste- y consiste en identificar a través de sucesivas pruebas cuál es la función de probabilidad que mejor se ajusta a los datos obtenidos de cada uno de los procesos que constituyen el sistema.

Se podría argumentar que no siempre disponemos de datos históricos que nos permitan proyectar el futuro a partir del pasado. Efectivamente, no siempre disponemos de datos, sin embargo, ante la incertidumbre extrema podemos generar datos a partir de dos fuentes:

- Datos obtenidos de sistemas similares, que pueden servir como guía para generar escenarios en las Políticas Públicas en estudio.
- Datos obtenidos de expertos que han tenido experiencia en implementaciones de Políticas Públicas pasadas, y que podrían entregar parámetros aproximados de las distribuciones de probabilidad que se requieren para visualizar el comportamiento futuro. Por ejemplo, un experto en desastres y emergencias, podría entregarnos tres valores (mínimo, moda y máximo) respecto a las necesidades de combustible para una zona afectada por un movimiento telúrico de gran magnitud. Con dicha información se podría proyectar una demanda futura posible a partir de una distribución de probabilidad triangular.

Por tanto, si identificamos el conjunto de funciones de probabilidades que gobiernan la conducta de los procesos insertos en la Política Pública, por cualquiera de los procedimientos precedentes, emerge la pregunta ¿cómo activamos el funcionamiento dinámico del sistema como un todo, de forma tal que sea una imitación de la realidad, y teniendo a la variable tiempo como el principal elemento de análisis?

Para activar el sistema dinámicamente debemos representar digitalmente (en el computador) la estructura y los procesos con sus respectivas funciones de probabilidad, para posteriormente desarrollar en cada una de las fases, desde la entrada hasta la salida del sistema, un algoritmo denominado Método de Montecarlo⁸, que será el encargado de generar tanto la conducta individual de cada uno de los objetos del sistema, como también la conducta de los procesos que corresponden a la secuencia por donde transitan los flujos pertenecientes a los SoS.

El Método de Montecarlo fue desarrollado en el contexto de las investigaciones del Proyecto Manhattan (1944) para el desarrollo de la bomba atómica en el Laboratorio Nacional de los Álamos, EE.UU. Sus gestores fueron los matemáticos John Von Neumann y Stanislaw Ulam, quienes requerían simular probabilísticamente la difusión de neutrones en el material de fisión. Su nombre alude a la aleatoriedad que se produce en los juegos de azar en el Casino de Montecarlo en

⁸ Existen numerosos estudios y metodologías respecto al Método de Montecarlo. Por ejemplo, ver: REUVEN, R. y KROESE, D.". *Simulation and the Monte Carlo Method*". New Jersey. Wiley; 2008.

Mónaco. En suma, se trata de un método, un algoritmo (conjunto de pasos bien definidos), que inicialmente genera mediante una función matemática números aleatorios (números que son independientes entre sí y donde todos tienen la misma probabilidad de ser elegidos). Los números aleatorios son utilizados posteriormente en un segundo algoritmo, que genera variables aleatorias provenientes de las funciones de probabilidad encontradas, a partir de los datos del pasado obtenidos del sistema real. (Notar, como explicamos precedentemente, que si el sistema real no existe, tenemos la posibilidad de obtener datos de sistemas similares o de juicios de expertos).

La existencia de la *variabilidad* que es intrínseca a la existencia misma del SoS, hace necesario realizar repeticiones en la ejecución de las simulaciones, generando KPI estadísticamente similares al sistema real. En este contexto, el método de Montecarlo permite realizar una cantidad de múltiples repeticiones, modificando los números aleatorios por cada repetición, pero manteniendo las distribuciones de probabilidad del sistema. Así, entonces, el cambio de los números aleatorios genera una variabilidad en el SoS o sus abstracciones desagregadas, que decrece a medida que la muestra (cantidad de repeticiones) se aumenta. Básicamente el error absoluto de la estimación de las métricas decrece en un factor de $1/\sqrt{N}$ en virtud del Teorema del Límite Central⁹.

El método descrito constituye la esencia para la generación de la variabilidad que necesitamos para evaluar cuantitativamente cómo podrían evolucionar en el tiempo los sistemas, componentes y elementos insertos de una Política Pública. Por tanto, Montecarlo constituye una herramienta fundamental para identificar cómo la aleatoriedad, manifestada en una distribución de probabilidad, podría afectar a los proyectos más significativos de la sociedad.

6. CONCLUSIONES: LA VALIDACIÓN Y LA CONVERGENCIA DE LOS MODELOS Y SIMULACIONES

Una vez desarrollados los modelos de simulación que apoyarán los procesos de toma de decisiones en el contexto de las Políticas Públicas, es necesario constatar si los modelos digitales son “representativos” de los sistemas reales desagregados del SoS. La mencionada “representatividad” se requiere evaluar conforme a los siguientes cuatro enfoques:

- *Validación de la Estructura:* Constatar por medio de un proceso de comparación si las relaciones jerárquicas (verticales y horizontales) de los com-

⁹ Teorema del Límite Central demuestra que la distribución muestral de la media se aproxima a una normal, a medida que se incrementa el tamaño de la muestra. Además de los clásicos libros de estadística, un aporte diferente se puede encontrar en: Fischer, H. “A History of the Central Limit Theorem”; Katholische Universität Eichstätt-IngolstadtSpringer; 2011.

ponentes del SoS digital son equivalentes a las relaciones jerárquicas del sistema real.

- *Validación de las Variables:* Identificar si el sistema simulado contiene los parámetros y las métricas más significativos estadísticamente del sistema real.
- *Validación de los Flujos de Procesos:* Comparar si la dirección que siguen los flujos entre los parámetros y variables, corresponden a la secuencia de procesos que se producen en la vida real.
- *Validación de los Resultados:* Comparar los resultados (KPI) obtenidos de los sistemas reales insertos en las Políticas Públicas pasadas, con los KPI del sistema simulado para proyectar las políticas públicas del futuro.

Fundamentalmente, el objetivo de la validación, en sus cuatro enfoques, es obtener un consenso entre los tomadores de decisiones, respecto a que los modelos de simulación contienen los aspectos más significativos de la estructura, parámetros, y variables, que permitan proyectar en el tiempo resultados cuantitativos en potenciales escenarios en los cuales la Política Pública se desarrollará.

La mencionada proyección en el tiempo del modelo de simulación constituye la serie de experimentos que se pueden realizar para calibrar, mediante sucesivos análisis de sensibilidad, la Política Pública que se está implementando reduciendo los márgenes de incertidumbre e invitando a actores sociales, gubernamentales y privados, a tener una visión compartida respecto a cómo los sistemas se podrían comportar en el futuro.

A través del ensayo hemos planteado que, en el contexto de las Políticas Públicas, no resultarían suficientes las evaluaciones económicas y sociales tradicionales, asociadas a las técnicas de gestión financiera de proyectos.

Para ello, proponemos los modelos y simulaciones como métodos flexibles y adaptativos capaces de proporcionar —en el tiempo— un mayor bienestar en la sociedad, incorporando estas técnicas en el *Ciclo de Vida* de una Política Pública, permitiendo de esta forma tener una mayor visibilidad para medir los efectos en el tiempo, en un contexto de lo que definimos como SoS. En particular dicha metodología aplica a los SoS y sistemas insertos en la Seguridad y Defensa de un país.

Propusimos, asimismo, analizar el desarrollo de las Políticas Públicas en un contexto sistémico, en el que a través de una metodología Deductiva/Inductiva podemos analizar y desagregar un sistema, para posteriormente desarrollar una síntesis agregada de la Política Pública.

Para lo anterior, propusimos un ciclo de retroalimentación dinámico, que permite estudiar la Política Pública en un contexto que va, en cada caso, de lo General a lo Específico, de lo Específico a lo Específico, de lo Específico a lo General, y de lo General a lo General.

El ciclo precedente entrega un hábitat metodológico a la gestión del conocimiento y a la innovación en las fases de factibilidad, implementación y administración de una Política Pública. Para ello, definimos los conceptos de granularidad y sistematización paralela, en los que se utilizan los patrones del pasado para proyectar en mejor forma los escenarios futuros.

La definida granularidad y sistematización paralela encuentra su aplicación canónica en el contexto de los SoS de la Seguridad y Defensa de un país, debido a las estructuras jerárquicas y sistematizadas de las organizaciones castrenses.

Finalmente, argumentamos respecto a la importancia de los datos, y particularmente el Método de Montecarlo, que nos permite proyectar cuantitativamente cómo se podrían desenvolver los sistemas asociados a una Política Pública a través del empleo de los datos del pasado.

Si con independencia de nuestras creencias religiosas, políticas y económicas, logramos tener, como sociedad, una visión convergente, alcanzada a través de la evidencia racional y objetiva que proporcionan los modelos y las simulaciones, probablemente los cuantiosos recursos presupuestarios del Estado serán utilizados en forma más eficiente y eficaz, en beneficio de los que se proyectan en el tiempo: los niños y jóvenes de una nación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JAMSHIDI, Mo. "Systems of Systems Engineering: Principles and Applications". Boca Raton. CRC Press; 2009.
- LEVITIN, Daniel J. "Weaponized lies: How to think critically in the Post-Truth Era;" New York; Dutton – Penguin Random House; 2016.
- SINNETT, S., SPENCER, C. y SOTO-FARACO, S. "Visual dominance and attention: The Colavita effect revisited". Perception & Psychophysics. July 2007, Volume 69, Issue 5.
- PANDE, P., NEUMAN, R. y CAVANAGH, R. "The Six Sigma Way: How to Maximize the Impact of Your Change and Improvement Efforts"; McGraw-Hill. 2014.
- REUVEN, Reuven Y. y KROESE, Dirk P." Simulation and the Monte Carlo Method". New Jersey. Wiley; 2008.
- FISCHER, Hans; "A History of the Central Limit Theorem"; Katholische Universität Eichstätt-IngolstadtSpringer; 2011.