

La simulación en los negocios: uso eficiente de las distribuciones de probabilidad¹

Daniela García Marín², Karen Margarita Osorio Pico³,
Miguel Ángel Montoya⁴, Antonio Boada⁵

Resumen

Los procesos de simulación juegan un papel muy importante en las organizaciones a la hora de proyectar, analizar y planear las inversiones. El propósito de esta investigación es realizar un artículo de reflexión que permita una aproximación al análisis y a la descripción de los factores que impactan directamente a la simulación como herramienta prospectiva interdisciplinaria de multiplicidad de escenarios, aplicada a las organizaciones. En este sentido, la herramienta fundamental para lograr simulaciones con calidad y

credibilidad corresponde al uso eficiente de las distribuciones de probabilidad, las cuales permiten en la simulación emular una multiplicidad de escenarios para las variables contempladas, a fin de plantear situaciones que permitan general un análisis eficiente del fenómeno que se esté estudiando e impulse una adecuada toma de decisiones.

Palabras clave: simulación de Montecarlo, distribuciones de probabilidad, simulación en los negocios y la economía, prospectiva de múltiples escenarios, estadística y prospectiva.

- 1 Artículo de reflexión derivado del proyecto *Sistematización y documentación científica de experiencias: Socioconstruccionismo*. Período de realización: enero y julio de 2023 en Sabaneta, Antioquia. Filiación institucional del proyecto: CEIPA powered by Arizona State University, grupo de Investigación IMCA & Orygen. Financiado por CEIPA powered by Arizona State University.
- 2 Administradora financiera de CEIPA powered by Arizona State University. Correo: daniela_garciama@virtual.ceipa.edu.co, daniigarciam@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-3885-4789>.
- 3 Administradora financiera, CEIPA powered by Arizona State University, Sabaneta, Colombia, karen_osoriopi@virtual.ceipa.edu.co, wampo.010@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-7208-0749>
- 4 Administrador Financiero de CEIPA powered by Arizona State University. Correo: miguel_montoyahe@virtual.ceipa.edu.co, miguel.montoya1@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-9636-0973>.
- 5 Magíster en Finanzas del Instituto de Estudios Superiores de Administración IESA, especialista en Estadística Computacional de la Universidad Simón Bolívar, licenciado en Educación, mención Física y Matemáticas de la Universidad Católica Andrés Bello. Docente e investigador del grupo Orygen de la Escuela de Administración Financiera, CEIPA powered by Arizona State University. Correo: antonio.boada@ceipa.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-8882-7680>.

Autor para Correspondencia: antonio.boada@ceipa.edu.co
Recibido: 23/07/2023 Aceptado: 05/11/2024

*Los autores declaran que no tienen conflicto de interés

Simulation in business: Efficient use of probability distributions

Abstract

Simulation processes play a very important role in organizations, where investments are projected, analyzed, and planned. The purpose of this research is focused on making a reflection article that allows a first approach in the analysis and description of the factors that directly impact simulation as an interdisciplinary prospective tool

of multiplicity of scenarios, applied to organizations. In this sense, the fundamental tool to achieve simulations with quality and credibility corresponds to the efficient use of Probability Distributions, which allow in the simulation, to emulate a multiplicity of scenarios for the variables contemplated, to raise situations that allow an efficient analysis of the phenomenon under study and promote an adequate decision making.

Keywords: Montecarlo Simulation, Probability Distributions, Management Analysis, Projections, Multiple Scenarios.

Simulação em negócios: Uso eficiente de distribuições de probabilidade

Resumo

Os processos de simulação desempenham um papel muito importante nas organizações, onde se projectam, analisam e planeiam investimentos. O objetivo desta investigação centra-se na realização de um artigo de reflexão que permita uma primeira abordagem na análise e descrição dos factores que impactam diretamente a simulação enquanto ferramenta interdisciplinar prospectiva de

múltiplos cenários, aplicada às organizações. Neste sentido, a ferramenta fundamental para a realização de simulações com qualidade e credibilidade corresponde à utilização eficiente de Distribuições de Probabilidade, que permitam na simulação, emular uma multiplicidade de cenários para as variáveis consideradas, de forma a levantar situações que permitam uma análise eficiente do fenómeno em estudo, e promovam uma adequada tomada de decisão.

Palavras-chave: Simulação de Monte Carlo, Distribuições de Probabilidade, Simulação em Economia e Negócios, Previsão de Múltiplos Cenários, Estatística e Previsão.

Introducción

Con un análisis inicial se encontró poca evidencia de artículos sobre la importancia de la simulación en la administración y el uso de distribuciones probabilísticas que manejen un lenguaje cónsono con el estudiante. La intención de este estudio es realizar un artículo documental de reflexión para usar las distribuciones probabilísticas usando un lenguaje familiar y cercano al estudiante que esté interesado en esta temática con un lenguaje no tan técnico, de forma que se logre la comprensión para las personas no expertas en el tema.

Los procesos de simulación en la administración permiten a las organizaciones prepararse para afrontar el futuro a través de la elaboración de proyecciones que generan datos probabilísticos con el fin de servir como apoyo para la toma de decisiones, y de esta forma anticiparse a posibles eventos u ocurrencias. Para realizar proyecciones de deben tener en cuenta tanto los datos históricos disponibles como los datos que tengamos del mercado en el momento actual y los cambios tendenciales que esas variables vayan a tener en el futuro (Boada, 2012).

Cuando las empresas realizan simulaciones de ciertos escenarios a nivel estratégico es posible también que estas logren detectar de forma anticipada situaciones de oportunidad y aspectos que podrían ser favorables para tener ventaja en el mercado sobre sus competidores. Podemos definir que la simulación trata una situación real, cuando en realidad su enfoque es idear, imaginar e imitar la situación, con la finalidad de obtener un resultado claro o una respuesta positiva al mejoramiento de alguna necesidad. Partiendo de este punto podemos analizar porqué es necesario realizar simulaciones en una organización.

Toda empresa gestiona procesos, los cuales deben ser, además de dirigidos y organizados, evaluados. Es aquí donde nuestra técnica de simulación empresarial se convierte en la herramienta más eficaz y potente para la evaluación y el análisis de los sistemas nuevos y los que ya se estén adelantando en la empresa, esto permite anticiparse al proceso real, validarlo y obtener su mejor resultado. De estos resultados es de donde se toman los correctivos que aportarán las mejoras que se deben aplicar en el proceso evaluado, incluyendo procesos actuales y los nuevos a implementar.

Simulación en el ámbito administrativo

En el aspecto estratégico también cobran importancia la simulación y la proyección, más si se tiene en cuenta que estamos en un mundo y en un mercado en constante evolución, donde el último recurso que tienen las organizaciones ante la incertidumbre son los datos y las proyecciones que se pueden realizar aplicando modelos probabilísticos. Todos los datos que obtenemos a través de estas simulaciones nos permiten medir el cumplimiento de los objetivos estratégicos del negocio de cara a la satisfacción de todos los grupos de interés, también es posible proyectar el cumplimiento de los aspectos misionales preparando la organización para afrontar posibles amenazas futuras las cuales pueden ser de carácter macroeconómico, geopolítico, de costos, de competencia, etc., amenazas que pueden afectar el cumplimiento de los objetivos. La simulación de escenarios probables ayuda a orientar el camino hacia el logro de la visión planteada para un determinado espacio de tiempo permitiendo de acuerdo con los datos obtenidos aplicar correcciones y redireccionar estrategias que garanticen el cumplimiento (Boada y Gallego, 2016).

A través de las simulaciones podemos minimizar la toma de decisiones que puedan ser contraproducentes para la empresa y así

prevenir a la organización antes de emprender proyectos e inversiones negativas para el negocio, decisiones que no aporten a la generación de valor de las partes interesadas, así, las simulaciones nos permiten tener una baraja más amplia de soluciones ante eventos adversos para el negocio, a través de los datos obtenidos pueden surgir necesidades de ajustes que apoyen a la toma de decisiones (Rodríguez, 2016).

Cuando estamos simulando podemos realizar ejercicios administrativos y financieros de toda naturaleza con un impacto en casi todas las dependencias de la organización; a través de estos métodos podemos simular proyecciones de ventas, costos, proyectar el endeudamiento, el crecimiento, las ganancias y casi cualquier otro indicador que queramos analizar en un determinado periodo de tiempo futuro; lo anterior siempre y cuando se cuente con las cantidad de datos suficientes para obtener resultados más acercados a la realidad, es de resaltar que cuando más variables y datos se consigan analizar en un proceso de simulación, más valiosos y cercanos a la realidad son los resultados obtenidos.

La simulación la podemos utilizar tanto a futuro para proyectar escenarios, como históricamente para comprender qué sucedió dentro de la empresa en un determinado tiempo basados en informes o cifras que la organización desee recrear para no volver a cometer los mismos errores o por el contrario fortalecer un proceso como oportunidad de mejora.

Los últimos avances en campos la ciencia de datos, el *machine learning* y la inteligencia artificial han convertido los datos y las simulaciones en las herramientas más importantes y agresivas para la toma de decisiones en las organizaciones, actualmente son las áreas a las que las empresas más están dedicando recursos gracias a que estos análisis avanzados de grandes cantidades de

información en cortos espacios de tiempo proveen a las empresas información valiosa para el negocio que puede traducirse en más penetración de mercado y ventajas sobre los competidores.

Dedicar esta cantidad de recursos como capacitación de personal en el manejo de las tecnologías para simular, debe conllevar a la organización a tomar la decisión acertada y lograr sus objetivos, sean comerciales, operativos o de cualquier otra área donde se realice la inversión para realizar la simulación. Si ponemos un ejemplo, en el área comercial se debe lograr el objetivo de conseguir nuevos consumidores o clientes, fidelizar los actuales y así lograr generar valor a la empresa.

Cada vez más se está desarrollando el área la prospectiva, para cualquier simulación necesitamos conocer y saber de las distribuciones probabilistas, en los múltiples escenarios debemos saber cómo analizar la simulación generada, el futuro puede ser incierto, por más datos que se tengan históricamente pueden aparecer experiencias nuevas para las cuales se deben tener la inteligencia organizacional para afrontar estas situaciones (Boada, 2021).

Cuando simulamos podemos encontrar escenarios extremos, como por ejemplo, producir al cien por ciento de la capacidad de la organización o vender al cien por ciento se convierten en escenarios muy optimistas que se pueden convertir en utopías. Realizar simulaciones con la tendencia de historia aporta, pero siempre debemos tener la visión de los escenarios futuros para medir de la mejor manera los riesgos (Boada, 2021). Robert E. Shannon (1998) definió la simulación como: "el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y concluir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema y evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema".

Orsi (2011) señala beneficios de la simulación: “permite una rápida y económica evaluación del funcionamiento de la empresa, son valiosos su performance y respuesta ante distintas situaciones, impacto, valores, y cambio de costos, validando las mejoras propuestas y reduciendo la resistencia al cambio radicada en la incertidumbre de los resultados.”

Podemos analizar también que aplicar técnicas de simulación nos brinda la oportunidad de que las empresas tengan la posibilidad de examinar sus modelos de negocio antes de cualquier inversión en sus proyectos de gran escala, de esta forma se minimizan riesgos de pérdidas o de retrocesos internos. En la actualidad, existe una demanda en el mercado laboral muy alta en la experiencia y práctica de la simulación empresarial, representa una buena opción en las ventajas competitivas de la empresa, al colocar en práctica los saberes teóricos y prácticos, dado el caso, aprendidos (Vahos-Zuleta *et al.*, 2021).

Otra ventaja muy importante de la simulación empresarial es que ayuda a desarrollar el pensamiento, aumenta la perspicacia comercial y las habilidades estratégicas de los participantes, así mismo la simulación nos permite poner la teoría o las ideas que tenemos planteadas en práctica en un entorno sin riesgo y de esta manera implementar soluciones innovadoras.

Podemos decir que aplicar técnica de simulación empresarial representa una manera en la que se presentan los nuevos procesos, los ya existentes de manera que se puedan evaluar y analizar sin poner en riesgo actividades importantes de la organización, y a su vez, permite tomar medidas que beneficiarán los procesos dentro de la empresa. La interpretación de los datos que nos da un modelo de simulación se vuelve fundamental teniendo en cuenta que los

sistemas de información por sí solos no toman las decisiones que ayudarán a una organización a generar valor independiente del área donde se esté realizando el proceso de simulación.

La simulación se hace posible en cualquier área, no es solo una técnica financiera, sino que es aplicable en cualquier parte del mundo, busca comprender, analizar y visualizar el futuro, mostrando sugerencias para mejorar los procesos en cada área que haga uso de ella.

Cuando se realiza una gestión de proyectos, las personas encargadas deben tener en cuenta muchas variables financieras, económicas, sociales, ambientales relaciones con los *stakeholders* y demás factores que intervengan el proyecto, la simulación se vuelve fundamental para visualizar un escenario futuro y así ofrecer a los inversionistas la oportunidad de tomar decisiones sobre qué camino seleccionar (Boada, 2024), resulta muy valioso conocer la multiplicidad de escenarios y los costos de cada uno, también conocer sobre todas esas variables que pueden ser algunas controlables y otras no.

2.1 Simulación de Montecarlo

Hablemos de la simulación de Montecarlo, es importante y reconocida por la frecuencia con la que es utilizada, esta técnica matemática que pronostica los posibles resultados de un evento que puede ser incierto o para evaluar riesgos, se utiliza en diferentes áreas, con esta podemos resolver problemas muy sencillos o complejos. La simulación de Montecarlo nos proporciona múltiples salidas posibles, claras, con una previsión determinista.

Es además una técnica matemática computarizada, que permite tener en cuenta el riesgo en análisis cuantitativos y toma de decisiones. Comenzó a utilizarse en la Segunda Guerra Mundial y debe su nombre a la ciudad de Mónaco, conocida por sus

casinos. Actualmente, se usa en muchos sectores, desde los proyectos de *Oil y Gas*, hasta las finanzas o la manufactura. La simulación de Montecarlo se erige como una técnica matemática computarizada fundamental que integra el análisis del riesgo en contextos cuantitativos y en la toma de decisiones estratégicas. Su origen se remonta a la Segunda Guerra Mundial, y su denominación rinde homenaje a la localidad de Mónaco, célebre por sus casinos. En la actualidad, esta metodología ha encontrado aplicación en una amplia variedad de sectores, abarcando desde proyectos en la industria del petróleo y gas hasta el ámbito financiero y la manufactura. Es común que los investigadores y profesionales utilicen herramientas informáticas como Excel o R-Studio para llevar a cabo estas simulaciones, lo que permite un análisis más robusto y detallado de los escenarios posibles (Riveros, 2023).

En general, este método de simulación se basa en crear modelos de posibles resultados mediante la sustitución de un rango de valores (una distribución de probabilidad) para cualquier factor con incertidumbre inherente (Riveros, 2023).

Hablemos de las distribuciones probabilísticas

Las distribuciones de probabilidad son usadas para tener una estimación del tiempo entre cada uno de los sucesos, y a su vez da pauta a la identificación de variables aleatorias y sus cinco probabilidades especiales: la distribución binomial, uniforme, normal, de Poisson y exponencial, estas distribuciones son consideradas de gran interés por la influencia que tienen en la práctica cotidiana (Anderson et.al, 2011).

De acuerdo con Prieto (2015), existen tres parámetros para describir el comportamiento de una variable, los dos más importantes son la media y la varianza, ya que es una de las

características que identifican a una variable aleatoria, el tercer parámetro es la desviación estándar, la cual es calculada aplicando la raíz cuadrada a la varianza.

Las empresas de contaduría emplean procedimientos estadísticos de muestreo para llevar a cabo auditorías a sus clientes (...). En el área financiera los asesores recurren a una gama de información estadística para guiarse en sus recomendaciones de inversión. En el caso de las acciones revisan una variedad de datos financieros, que incluyen relaciones de precio a rendimiento y los dividendos (Llinás y Rojas, 2006).

La distribución de probabilidad permite establecer una serie de resultados posibles que pueden suceder en un determinado acontecimiento o proceso. Basándonos en este concepto tenemos que establecer cuáles son las clases de distribuciones probabilísticas que existen, y cuáles son sus funciones, de qué manera aportan al desarrollo de una simulación empresarial. Es importante a su vez identificar en cuál área de la organización se puede aplicar cada distribución probabilística y la forma en la que esta distribución puede contribuir a identificar qué proceso se cambiará o cuál se le realizará cualquier cambio, esto teniendo en cuenta que la finalidad es poner en marcha una simulación que nos arroje resultados efectivos con los cuales tomemos decisiones que aporten variables a seguir.

Resaltamos también que cuando hablamos de probabilidad, hacemos referencia a la estadística, esta ciencia que estudia en base a conjuntos numéricos y probabilidades la cual agrupa todos los hechos que se tienen en común y a partir de los datos numéricos encontrados llegar a una conclusión (Boada, 1999).

Es fundamental tener en cuenta que la simulación es importante en los cálculos de probabilidad y estadísticos. La simulación

permite examinar la realidad que investigamos a través de unos modelos a menor escala. Esos resultados se proyectan y aplican en los fenómenos aleatorios que se trata de conocer.

Como administradores de empresas debemos tener claridad de las técnicas de simulación empresarial que debemos aplicar según la necesidad que se presente dentro de la organización identificando el área, la función de las actividades que deseamos mejorar o realizar cambios que nos lleven a obtener los resultados requeridos por la empresa, analicemos entonces las diferentes clases de distribuciones probabilísticas que existen y la manera de cómo se deben aplicar a nivel organizacional, para esto estudiaremos las diferentes variables de distribución probabilística que debemos tener en cuenta, es importante conocer las dos variables que menciona Velásquez, A. P. (2017). "En las distribuciones de probabilidad que son: variable discreta y continua".

Una variable aleatoria es una función matemática. Como toda función matemática, para que arroje resultados debemos tener números sobre los que calcularla Westreicher, G. (2022), una variable aleatoria continua es una variable que solo tiene valores continuos. Los valores continuos son incontables y están relacionados con números reales (Libretexts, 2022).

Teniendo en cuenta estas variables, podemos deducir que, al aplicar diferentes distribuciones probabilísticas, debemos analizar estas variables para de esta forma identificar cuál simulación vamos a poner en marcha.

Metodología

El presente artículo se realizó en base a una metodología de investigación documental reflexiva con el objetivo de comprender y

analizar diferentes fuentes documentales para lograr instruir al lector de la importancia de la simulación en el ámbito administrativo. De acuerdo con el Equipo editorial, Etecé (2023):

Será una investigación documental toda aquella pesquisa que tenga como principal material de trabajo una compilación de documentos escritos, audiovisuales o de cualquier índole, que sirvan de muestra o de memoria de los eventos ocurridos y permitan indagar en busca de conclusiones posteriores.

En la investigación se consideró el factor de impacto como una herramienta para comparar artículos o revistas científicas y analizar la importancia de cada uno frente a las citas recibidas en las que se mencionan los artículos o revistas (Granda, 2003). A través de una búsqueda por Google académico, se hizo una identificación del factor de impacto del uso de diversas distribuciones de probabilidad en artículos científicos de simulación en el ámbito de los negocios, Tanto para distribuciones continuas como discretas logrando identificar las más usadas en el ámbito empresarial.

Distribuciones continuas

En este artículo revisaremos el comportamiento de las variables continuas el cual va a ser determinado por las variables de probabilidad continuas considerando las distribuciones continuas como las más utilizadas en el ámbito empresarial administrativo, una distribución de probabilidad es continua si sus valores posibles son esencialmente algo continuo. Donde de muchos valores aleatorios obtenemos un valor entre dos números, entre estos intervalos.

Estas variables la utilizamos en el campo administrativo para expresar y detallar cuantías, valores que son contables y que se pueden expresar por unidad, un ejemplo de esta variable sería calcular estaturas,

pronosticar y realizar cualquier caso con datos en unidad.

Distribución normal

En la búsqueda realizada por Google académico, dicha distribución se utiliza en el 27 % del total de resultados sobre *simulación en el ámbito de los negocios* representando para el año 2023 un total de 17.469 (27 % de 64.700) escritos en español. Así pues, es la distribución continua más utilizada. Se caracteriza por su simetría, valor central (esperado, media) y una dispersión proporcional a la varianza. Centrada y equilibrada en ambos lados, la distribución normal tiene forma de campana que es el sello distintivo de gran parte de la teoría estadística, es útil en el modelado de simulación como una distribución de entrada continua, sin embargo, no siempre es la distribución *más adecuada* (Dagnino, 2014).

También se conoce como curva de campana, con un comportamiento central estable y una variabilidad paramétrica (desviación estándar), no posee mínimo ni máximo, ni sesgo, el usuario simplemente define la media o valor esperado y una desviación estándar para describir la variación con respecto a la media. Los valores intermedios cercanos a la media tienen mayor probabilidad de producirse (Software de ingeniería 2015), así mismo la distribución presenta *pocos* valores extremos, que superen (por exceso o por defecto) las tres desviaciones típicas.

La distribución normal, también conocida como la campana de Gauss, es ampliamente utilizada en la contabilidad y la administración en varios contextos. Algunos de los casos más comunes incluyen:

Análisis de costos: la distribución normal se utiliza para modelar y analizar los costos asociados con ciertos

procesos o actividades. Por ejemplo, se puede utilizar para analizar el costo de producción de un producto, los costos de mantenimiento de equipos o los costos de inventario.

Análisis financiero: en la contabilidad y la administración financiera, la distribución normal se utiliza para analizar y predecir variables como los rendimientos de inversión, los precios de los activos financieros y los movimientos en los mercados financieros.

Estadísticas de ventas: la distribución normal se aplica a menudo al análisis de datos de ventas para comprender las tendencias, pronosticar la demanda futura y establecer objetivos de ventas realistas. Por ejemplo, se puede utilizar para analizar la distribución de las ventas mensuales o anuales de un producto o servicio en particular.

Gestión de riesgos: en la administración, la distribución normal se utiliza para modelar y evaluar los riesgos asociados con diferentes escenarios. Por ejemplo, en la gestión de riesgos financieros, se utiliza para calcular el valor en riesgo (VaR) y analizar la exposición al riesgo.

Control de calidad: la distribución normal se utiliza en el control de calidad para analizar la variabilidad de los procesos y productos. Por ejemplo, se puede utilizar para evaluar si un proceso de producción está dentro de los límites aceptables de variabilidad o para determinar si un producto cumple con las especificaciones de calidad establecidas.

Estos son solo algunos ejemplos de cómo se utiliza la distribución normal en la contabilidad y la administración.

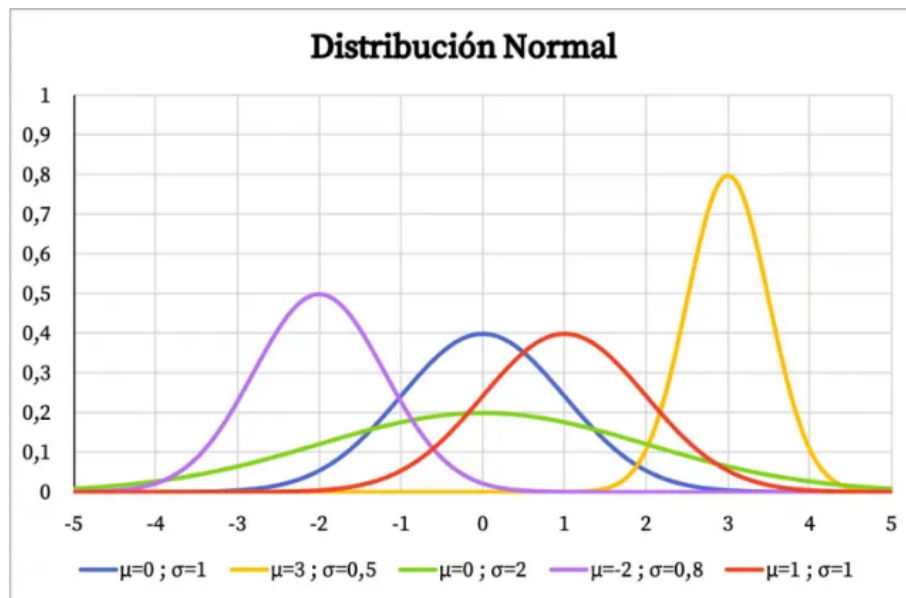
En general, esta distribución es ampliamente aplicada en diversos campos para modelar y analizar variables continuas que se distribuyen de manera aproximadamente simétrica alrededor de una media (Gestiópolis, 2023).

La mayoría de los datos giran alrededor de un ámbito central, existen pocos valores en ambos extremos (pocos registros muy bajos y pocos registros muy altos) el promedio predomina, presenta una dispersión controlada y un coeficiente de variación alrededor de 30 %. En la **figura 1** podemos ver una imagen referencial de la distribución normal.

Esta distribución se utiliza en muchos casos de la administración, podemos estudiar comportamientos futuros para entender mejor esta distribución. Tenemos un ejemplo muy claro el cual sería en el campo bovino lechero, la distribución normal se puede usar para saber cuántos litros de leche producen las vacas en un periodo de tiempo, y de esta manera poder llegar a tomar mejores decisiones y así saber cuándo se produce menos o más leche para tener en cuenta lo que el cliente va a necesitar.

Figura 1.

Gráfica de distribución normal



Nota. Tomado de Academia Balderix (2022).

Como podemos observar, esta distribución se puede utilizar en diferentes campos y nos permite calcular de manera estadística los comportamientos a futuro, manejo de productos, productividad de algo etc.

Distribución uniforme

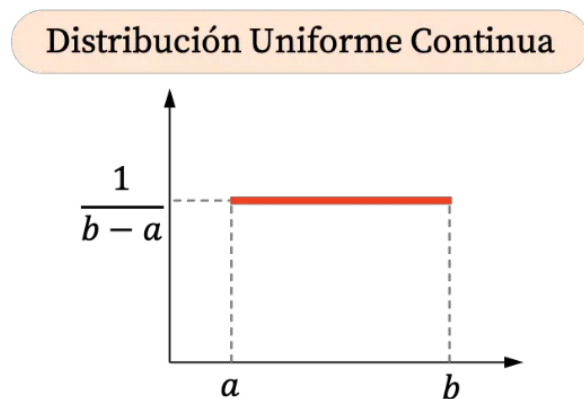
La búsqueda realizada por Google académico muestra que dicha distribución se utiliza en el 24 % del total de resultados

sobre *simulación en el mundo de los negocios*, representando para el año 2023 un total de 15.528 (24 % de 64.700) escritos en español. Es la distribución más simple y se caracteriza por presentar en su función una densidad *plana* y su probabilidad constante se encuentra en un intervalo cerrado, lo que implica una igualdad de oportunidad en cualquier valor de ocurrencia.

Es una distribución plana, sin sesgo, que puede tomar cualquier valor entre un máximo y un mínimo, no hay una preferencia sobre la mayoría de los datos, no puede tener valores extremos, existe un máximo y un mínimo nada predomina. Cuando no se tiene seguridad de comportamiento es mejor utilizar esta distribución. En la **figura 2** podemos ver una imagen referencial de la distribución uniforme.

Figura 2.

Gráfica de distribución uniforme



Nota. Tomado de Academia Balderix (2022b).

Podemos definir la distribución uniforme como una representación gráfica estable y equiprobable, posee un mínimo y un máximo. En el mercado administrativo, el cual es altamente competitivo, podemos observar que el uso de la distribución uniforme se ha vuelto sumamente importante para evaluar la incertidumbre por medio de un análisis

cuantitativo que permita evaluar los posibles riesgos.

Distribución triangular

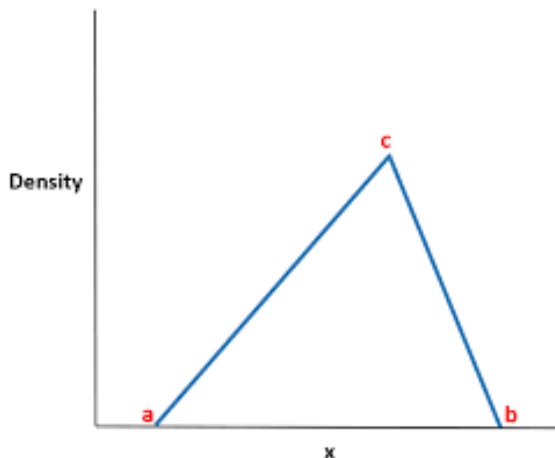
Según los resultados de la búsqueda, esta distribución se utiliza en el 16 % del total de resultados sobre *simulación en el ámbito de los negocios*, representa para el año 2023 un total de 10.350 escritos en español (16 % de 64.700).

La distribución triangular es similar a la distribución normal pues su función de densidad aumenta hasta cierto punto y luego disminuye, pero es más flexible e intuitiva que la distribución normal. Por lo tanto, es una excelente candidata para muchas variables de entrada continua. La forma de una función de densidad triangular es literalmente un triángulo, la persona que realiza la simulación debe dar los valores mínimo, el más probable y el mayor. Los valores situados cercanos al valor con mayor probabilidad tienen más opción de producirse. Es una distribución que depende de tres valores: un valor máximo, un valor mínimo y un valor *más probable* que está entre ellos dos (no necesariamente en el medio). Por ende, Puede ser sesgada según la ubicación del valor *más probable*, no puede tener valores extremos, existe un máximo y un mínimo, el *valor más probable* predomina. Es útil debido a la sencillez, pero se debe recordar que tiene un mínimo y un máximo (Statologos, 2021).

En la **figura 3** podemos ver una imagen referencial de la distribución triangular donde se evidencia el valor que puede llegar al máximo (b) el valor mínimo (a) y el valor más probable (c).

Figura 3.

Gráfica de distribución triangular



Nota. Tomado de Statologos (2021).

La figura muestra una representación gráfica que expone el valor *más probable*, un mínimo y un máximo. Puede ser sesgada o no. Es muy importante tener claro que esta distribución la utilizamos en el área administrativa, aunque es denominada en el campo como la de *falta de precisión* o de información. Es útil cuando los datos que nos suministran son escasos o estos son variables de manera frecuente, por ejemplo, reunir la información para analizar el valor de construir un centro comercial nuevo es una tarea difícil, sin embargo, podemos estimar cuál sería el valor máximo o cuál sería el valor mínimo.

La distribución triangular se utiliza generalmente para modelar procesos estocásticos o de riesgo comercial como el ejemplo ya mencionado. Sin embargo, en el tema contable se pueden estimar los costos de construcción mínimos, máximos y más probables (moda). Es fácil definir y explicar estos valores, que son una representación razonable de los datos.

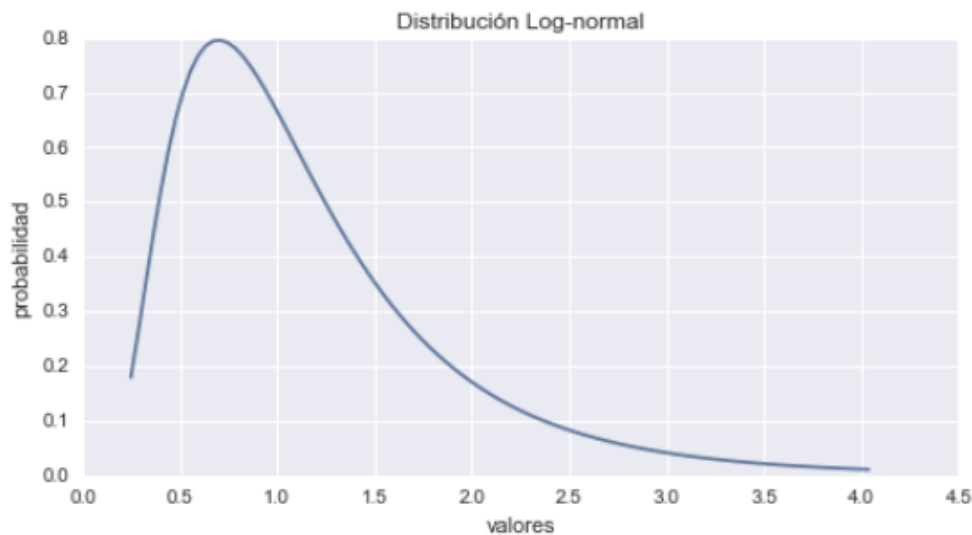
Distribución Log normal

De acuerdo con los datos obtenidos en la búsqueda, esta distribución se utiliza en el 11 % del total de resultados sobre *simulación en el ámbito de los negocios*, representando para el 2023 un total de 7.110 escritos en español (01 % de 64.700).

Es una distribución muy utilizada en situaciones en las que los valores son positivamente desviados y estos valores no pueden caer en cero, es sesgada hacia la derecha, por ende, la mayor cantidad de datos se encuentra en el sector *menor* que el promedio, pero de igual manera posee algunos registros altamente superiores. La mayoría de los datos se encuentra en el sector *menor* que el promedio, en la distribución Log Normal se presentan condiciones como que los valores muestran una clara desviación, no son simétricos como en la distribución normal; se utiliza para representar valores que no pueden estar por debajo del cero, pero tienen un potencial positivo ilimitado (Libretexts, 2022), pueden existir valores extremos superiores (pocos registros muy altos) la moda es la que predomina. La variable aleatoria o incierta es positivamente desviada, generalmente de los valores cercanos del límite inferior. El logaritmo natural de la variable aleatoria origina una distribución normal, el dinero se comporta de manera Log normal (ingresos, ventas, costos), así como los tiempos de falla. En la **figura 4** podemos ver una imagen referencial de la distribución Log normal.

Figura 4.

Distribución Log normal



Nota. Tomado de López Briega (2016).

Según Luis Benites (2023), una distribución Log normal (Log-normal o Galton) es un tipo de distribución de probabilidad que se utiliza para describir variables que tienen valores que están distribuidos de manera asimétrica y que pueden tomar valores muy grandes. La distribución Log normal se caracteriza por cumplir dos parámetros: el promedio y la desviación estándar de la variable original (no transformada). La distribución Log normal se obtiene al aplicar la transformación logarítmica a una distribución normal.

La distribución Log normal se utiliza a menudo para describir variables que crecen de manera exponencial, como el tamaño de las empresas o la concentración de una sustancia en un medio. También se utiliza en finanzas para modelar la distribución del rendimiento de los activos financieros, presenta una curva de campana sesgada hacia los valores inferiores, solo usada en valores reales positivos, posee

mínimo (usualmente el cero) pero no posee máximo.

En la distribución Log normal cabe resaltar que viene a partir de un logaritmo, la diferencia entre una distribución normal y una Log normal radica en que una distribución Log normal puede ser modelada en función de un producto multiplicativo de muchos factores o variables independientes. Un ejemplo común puede ser el caso de un retorno a largo plazo de una inversión que puede considerarse como un producto de muchos retornos diarios de diferentes acciones.

Existe también la distribución Log normal desplazada que, aunque es la misma distribución Log normal, está desplazada de manera que el valor resultante pueda tener valores negativos. La media (promedio), desviación estándar y el desplazamiento son parámetros de la distribución (Mun, 2015).

Distribución PERT

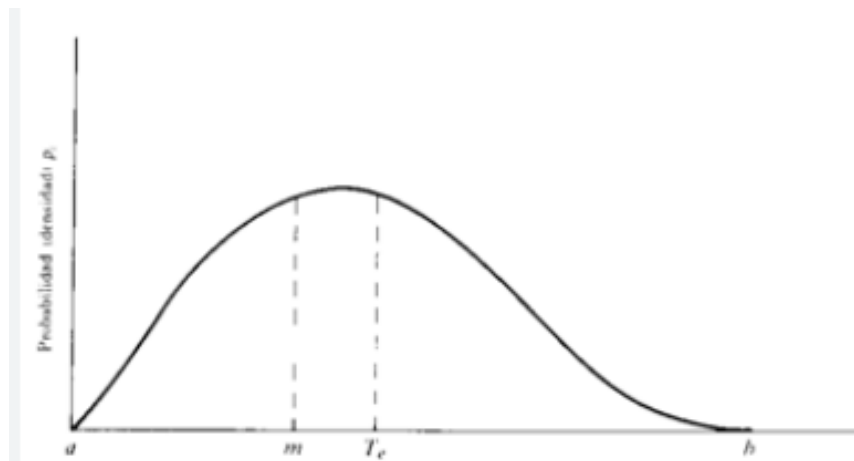
En la búsqueda realizada por Google académico, esta distribución se utiliza en el 6 % del total de resultados sobre *simulación en el ámbito de los negocios* con un total de 3.880 casos en 2023 (6% de 64.700 escritos en español).

Es una distribución que depende de tres valores: un valor máximo, un valor mínimo y

un valor más probable que está entre ellos dos (no necesariamente en el medio). Por ende, Puede ser sesgada según la ubicación de este tercer valor, no puede tener valores extremos, existe un máximo y un mínimo. Es parecido a la triangular, pero con un comportamiento más *suave* el valor *más probable* predomina y resulta útil debido a la sencillez, pero se debe recordar que tiene un mínimo y un máximo. En la **figura 5** podemos ver una imagen referencial de la distribución Pert.

Figura 5.

Distribución PERT



Nota. Tomado de Astros (2015).

Presenta una curva limitada, similar a la distribución triangular (expone el valor más probable, un mínimo y un máximo). Puede ser sesgada o no, pero es más amplia en la parte central.

Aunque tiene características similares a la distribución triangular, para aplicar la distribución de PERT es importante tener en cuenta parámetros como mínimo, máximos y *más probable* para facilitar la información al desarrollar un ejercicio se le da más fuerza a los valores centrales, teniendo un

valor *más probable* sin enfocarse hacia los extremos para describir el impacto de los valores extremos de una manera más realista. Casos donde se puede aplicar este tipo de distribución son precios de producto, costos de manufactura, volumen de ventas y precios de materias primas.

Distribuciones de probabilidad discretas

Actualmente las herramientas de la simulación son un componente fundamental que nos permite pronosticar las diferentes

conductas o eventos que se puedan dar como resultado, lo que permite eliminar los cuellos de botella y priorizar de trabajo entre otros para conocer las probabilidades de éxito o de fracaso antes de concluir un proyecto.

Diferente a las variables continuas, por su naturaleza estas variables no pueden tener decimales, en el mundo administrativo se puede ver representado en datos como personas, clientes o productos terminados.

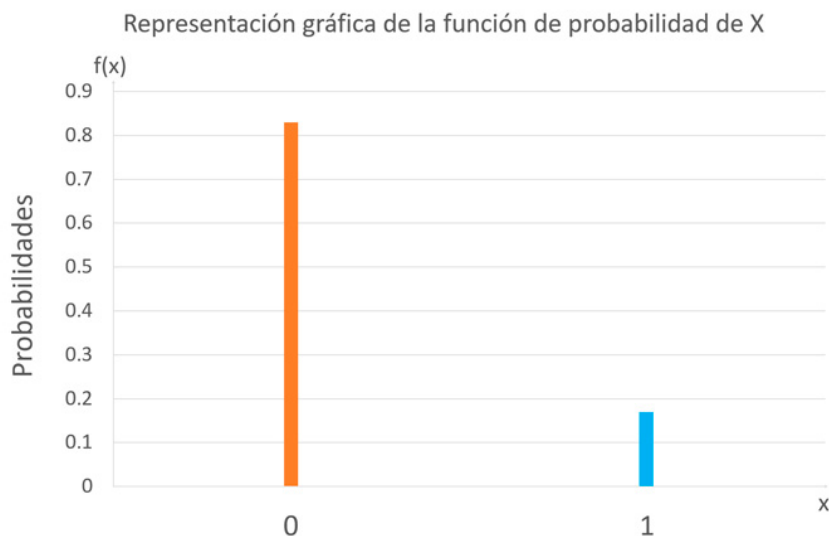
Distribución de probabilidad discreta Bernoulli

En la búsqueda realizada por Google académico, esta distribución se utiliza en el 45 % del total de resultados sobre *distribuciones discretas en el ámbito de los negocios*, en 2023 fueron 7.515 casos (45 % de 16.700 escritos en español.)

La distribución Bernoulli es una distribución discreta con posibilidad de dos resultados, es una distribución doble con un intento y se puede usar para reproducir condiciones como Sí/No o Éxito/Fallo. Se considera como la base fundamental para otras distribuciones más complejas. La probabilidad de éxito (p) es el único parámetro para esta distribución. Es una distribución que solo toma valores de ausencia (0) y presencia (1), la probabilidad es determinada por el usuario, usualmente bajo comportamientos históricos que lo respalden.

Figura 6.

Distribución de Bernoulli



Nota. Matemóvil (2022).

Es de aclarar que solo se puede realizar un intento en esta distribución, el valor simulado resultante es de 0 o de 1, y así como lo expresa la figura 6, no siempre su probabilidad debe ser 50/50.

Distribución de probabilidad binomial

En la búsqueda realizada, esta distribución se utilizó en el 15% del total de resultados sobre *distribuciones discretas en el ámbito de los negocios*, representando para el año 2023 un total de 2.505 (15 % de 16.700) escritos en español.

La distribución Binomial describe el número de veces que un evento en particular ocurre dentro de un número fijo de pruebas.

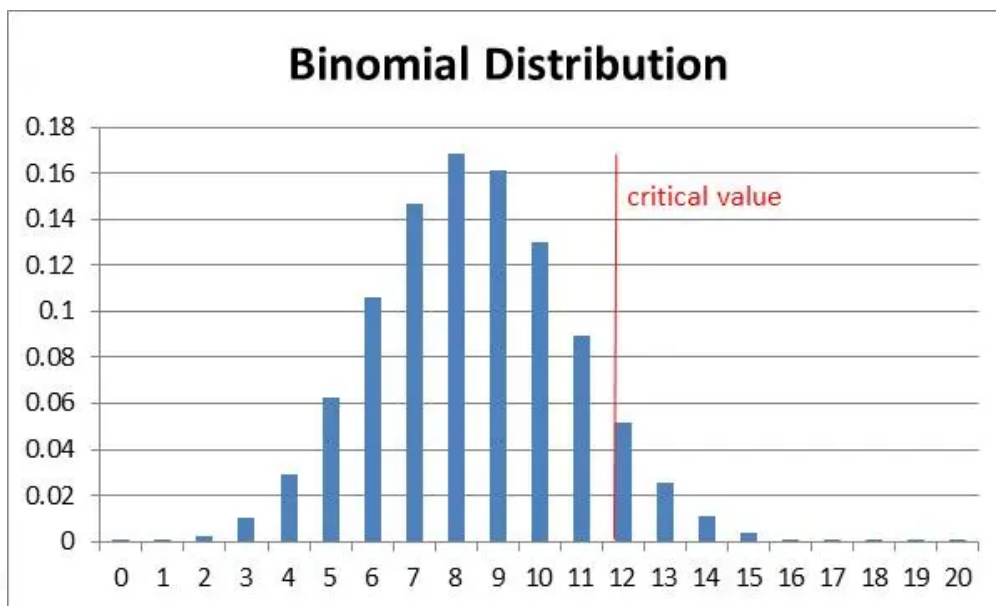
La distribución binomial en el ámbito empresarial se desarrolla de manera que ayuda

a evaluar los posibles riesgos en los flujos de fondos del proyecto que estos encuentren correlacionado. Es una distribución de probabilidad de una variable incierta discreta, es aquella que tiene probabilidad de coger valores discretos, discontinuos. Un ejemplo de esta variable es, $x = [0, 1, 2...n]$ este estilo de distribución surge de contar el número de éxitos al reiterar un experimento n cantidades de veces, teniendo en cuenta de que esta prueba solo tiene dos posibles consecuencias o resultados, ya sea de (éxito o fracaso) si es un caso de éxito se denomina p y si es un caso de fracaso se denomina q .

La suma de dos los sucesos tienen que ser 1 entonces q se calcula como $q = 1 - p$, además la probabilidad del suceso no varía de una prueba a otra, es decir que es una probabilidad constante. La **figura 7** hace referencia a una distribución binomial

Figura 7.

Gráfica de distribución binomial



Nota. Tomado de Márquez (2018).

Es importante tener en cuenta las tres condiciones para identificar la distribución binomial, para estar seguros de que hay que aplicar esta distribución sería: que se trate de un experimento que se repite n -veces, es decir n -ensayos, ese ensayo solo debe tener dos posibles resultados, y las probabilidades de cada resultado deben ser constantes, no pueden variar; así mismo, esta distribución se utiliza si los eventos a simularse son bajo el supuesto de *sin repetición* (Boada, 2017).

Distribución de probabilidad discreta uniforme

Esta probabilidad se usó el 14% del total de resultados sobre *distribuciones discretas en el ámbito de los negocios* representando para el año 2023 un total de 2.330 (14 % de 16.700) escritos en español.

La distribución discreta uniforme también conocida como la distribución con resultados de igual probabilidad, donde la distribución

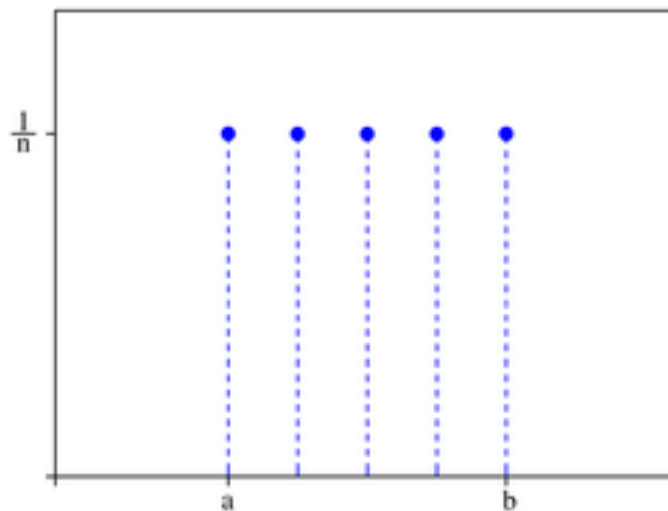
tiene un conjunto de N elementos, cada elemento tiene la misma probabilidad.

La distribución uniforme discreta muestra la práctica de una variable discreta en n en diferentes valores teniendo exactamente la misma probabilidad cada uno. Genera acontecimientos en los que contamos un conjunto de n sucesos posibles, cada uno de los cuales con la igual posibilidad de que suceda. Si asignamos al azar de manera que cada uno de estos sucesos se corresponda con un número natural del 1 al n tendremos una distribución uniforme, obtendremos un único parámetro n (Modelo Uniforme Discreto, s. f.)

Con diferencia a la distribución continua, logra coger cualquier valor, al contrario, una distribución discreta no recibe cualquier valor, sino que solo puede coger un número determinado de valores (Estadística, 2022). Podemos observar en la siguiente figura una referencia de distribución uniforme discreta.

Figura 8.

Distribución uniforme



Nota. Tomado de Academia Balderix (2022).

Teniendo en cuenta que cada variable tiene el mismo número de probabilidad de ocurrir en el mundo empresarial podemos usar esta variable, para definir las opciones que tiene una nueva iniciativa de realizar de una manera efectiva para la organización.

6.4 Distribución de probabilidad Poisson

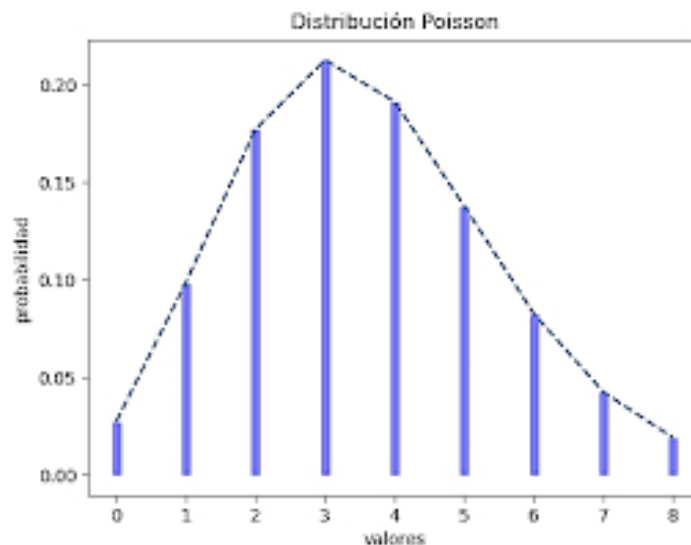
En la búsqueda esta distribución se utiliza en el 14 % del total de resultados sobre *distribuciones discretas en el ámbito de los negocios*, es decir, para año 2023 un total de 2.330 (14 % de 16.700) escritos en español, la distribución Poisson describe el número de veces que un evento acontece en un intervalo específico.

Esta probabilidad detalla la cantidad y el número de veces que se muestra un evento (éxitos) durante un intervalo específico, ya sea de tiempo o de espacio. La probabilidad corresponde a la extensión del intervalo, los intervalos son independientes entre sí y la probabilidad permanece constante para cada intervalo.

Esta probabilidad nos habla de tiempo, distancia, área, espacio y lugares, es una herramienta de gran utilidad y muy asertiva que llega a ser de gran ayuda en el sector empresarial. Cabe resaltar que esta distribución se utiliza con gran frecuencia en el sector turismo y sus diversas industrias porque publica cada año un compendio de estadísticas de turismo que muestra indicadores estadísticos. La figura 9 referencia una distribución de probabilidad de Poisson.

Figura 9.

Distribución de Poisson



Nota. Tomado de Cárdenas *et al.* (2019).

Sabiendo que esta distribución describe la probabilidad de éxito de que suceda un evento para determinado periodo de tiempo, se vuelve muy valiosa a nivel gerencial pues permite la probabilidad de saber la ocurrencia de un evento, así mismo es valiosa para las áreas de mercadeo o atención al cliente pues hace posible calcular el número de clientes o usuarios que entran a una sucursal de la compañía durante determinado momento del día, así mismo, esta distribución es muy útil para simular y detectar las minas antipersonas (Corredor, 2018).

Ventajas de la simulación en las organizaciones

Simulación empresarial es la que ayuda a desarrollar el pensamiento, aumenta la perspicacia comercial, y las habilidades estratégicas de los participantes, así mismo la simulación nos permite poner la teoría o las ideas que tenemos planteadas en práctica en un entorno midiendo el riesgo y de esta manera implementar soluciones innovadoras.

La simulación nos muestra diferentes campos donde podemos no solo analizar situaciones empresariales y financieras, sino que también nos da la posibilidad de ver claramente, tomar decisiones y conocer cuáles pueden ser los posibles resultados. Resultados que generan o nos llevan a nuevas situaciones volviéndose una necesidad para nuevamente utilizar la simulación ya sea una vez o las veces que esta sea necesaria, periódicamente y se puede extender por varios periodos simulados. La simulación es una formulación de lo que puede ser una realidad, con algunas variables que podemos trabajar para alcanzar claridad.

Hemos investigado de una manera extensa sobre la simulación lo que nos ha llevado a conocer muchos detalles en el ámbito administrativo y contable, gracias a ese tiempo dedicado a estudiar la simulación hoy podemos hablar con propiedad y decir que son muchas las ventajas. Es positivo tener claro que por

medio de este análisis previo se puede ahorrar tiempo y dinero, entre otros tantos beneficios que podemos mencionar:

- Oportunidad para entender la situación actual de la simulación realizada, lo que llevaría a la compañía a optimizar sus tiempos y por ende generar rentabilidad en los procesos.
- Posibilidad de probar diferentes opciones rápida y fácilmente, respondiendo preguntas como: ¿es la mejor decisión invertir en este proyecto?
- Mejorar la comunicación de ideas desde el área que está simulando al resto de la organización.

Los simuladores administrativos nos ayudan, proporcionan variedad de posibilidades, nos muestran situaciones, como lo que puede llegar a pasar o como serían los resultados dependiendo de la cantidad de planos en los que exponamos ese proyecto; podemos medir riesgos y de esta manera tomar decisiones en la actualidad para así lograr materializar el futuro deseado con una visión prospectiva (Boada *et al.*, 2020), uso eficiente de recursos y capacidades, así como otros beneficios.

Conclusiones

El mundo está lleno de incertidumbre, lo que potencia el uso de la simulación de Montecarlo como herramienta término fundamental en la búsqueda fehaciente del análisis de múltiples escenarios futuros, ayuda a optimizar tiempo y estimar los posibles resultados finales. De esta manera, la simulación proporciona una distribución completa de resultados probables fundamentados en distribuciones probabilísticas asociadas a cada fenómeno de corte aleatorio.

La investigación realizada permitió conocer e identificar la importancia de la simulación, las diferentes técnicas utilizadas y métodos de distribución considerando su importancia en el ámbito empresarial. En este sentido, se pudo realizar un interesante artículo que permite al lector conocer desde una perspectiva reflexiva las distribuciones probabilísticas más utilizadas en el proceso de simulación, las cuales representan una herramienta fundamental para las organizaciones con una visión prospectiva, ya que complementa la posición actual de búsqueda de mayores beneficios a bajos riesgos, disminuyendo sus costos y mejorando sus rendimientos; de esta manera, es posible analizar y evaluar el comportamiento de las probabilidades de ocurrencia para diversos eventos y plantear alternativas de solución a partir de las diferentes técnicas y modelos de simulación. Es por ello que, la simulación se convierte en un instrumento valioso al momento de realizar análisis y también para la ejecución de sistemas complejos, a fin de reducir el riesgo real en el mercado, y aprender a tomar decisiones con la ayuda de una multiplicidad de escenarios futuros.

Existen múltiples herramientas para simular, al igual que múltiples razones para hacerlo, esta investigación logra identificar y definir la importancia de la simulación

para las empresas, con la intención de que cualquier colaborador, independientemente del área de trabajo y su rol, pueda generar una mayor comprensión de los fenómenos aleatorios a través del uso eficiente de la simulación y generar una multiplicidad de escenarios para analizar estadísticamente y así optimizar la toma de decisiones basada en datos, como logro y mejoramiento continuo dentro de la organización.

La simulación es una excelente herramienta que se puede usar en todo el ámbito administrativo sea en el área financiera, comercial e incluso operativa dentro de una organización. Ahora bien, es importante tener en cuenta que para lograr su uso óptimo y eficiente, se debe saber utilizar las distribuciones de probabilidad idóneas a la hora de realizar el proceso de simulación, ya que el fenómeno que vamos a simular debe emular una multiplicidad de escenarios *correctos* (alineados con el comportamiento prospectivo eventual del fenómeno aleatorio), ya que al no realizarse de manera idónea, pueden arrojar resultados diversos, no convergentes al objetivo por el cual se realizó la simulación o peor aún, las simulaciones pueden arrojar resultados totalmente divergentes (e inclusive irreales) a las posibles realidades del fenómeno estudiado.

Referencias

Academia Balderix. (2022b, diciembre 19). *Distribución normal*. <https://www.probabilidadyestadistica.net/distribucion-normal>.

Academia Balderix. (2022a, diciembre 6). *Distribución uniforme continua*. <https://www.probabilidadyestadistica.net/distribucion-uniforme-continua/>.

www.probabilidadyestadistica.net/distribucion-uniforme-continua/.

Anderson, D.; Sweeney, D.; Williams, T.; Camm, J.; Martin, K. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios*. 11va edición. Cengage Learning. México

Astros, J. T. (2015, abril 24). *Métodos de planeación PERT-CPM*. <https://www.monografias.com/trabajos104/>

- metodos-de-planeacion-pert-cpm/
metodos-de-planeacion-pert-cpm.
- Benites, L. (2023). *Distribución Log normal: definición, ejemplos*. <https://statologos.com/distribucion-logaritmica-normal/>.
- Boada, A. y Gallego, N. (2016). Uso del Risk Simulator® como herramienta para valoración de múltiples comparables. Caso empresas sector eléctrico Colombia. En Memorias Arbitradas en VI Congreso de Investigación Financiera FIMEF. https://www.researchgate.net/publication/309479547_Uso_del_Risk_SimulatorR_como_herramienta_para_valoracion_de_multiplos_comparables_Caso_empresas_sector_electrico_Colombia.
- Boada, A. (1999). *El uso de conocimientos estadísticos para la realización de conclusiones valederas en experimentos físicos elementales*. Memorias Arbitradas en el Evento Internacional de Matemática y Computación (COMAT)'99, pp. 1-15. https://www.researchgate.net/publication/282292104_El_uso_de_conocimientos_estadisticos_para_la_realizacion_de_conclusiones_valederas_en_experimentos_fisicos_elementales.
- Boada, A. (2012). *¿Cómo estructurar una base de datos óptima, para lograr pronósticos eficaces?* Participación en el 5th Supply Chain Forecasting & Planning Forum. https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Boada/publication/282291380_Como_Estructurar_una_Base_de_Datos_Optima_para_lograr_Pronosticos_Eficaces/links/560aa8ab08ae1396914cb6e1/Como-Estructurar-una-Base-de-Datos-Optima-para-lograr-Pronosticos-Eficaces.pdf.
- Boada, A. (2017). *Uso de la permutación con repetición como enseñanza de experimentos Binomiales*. *Vivat Academia. Revista de Comunicación*, (140), 45-54. ISSN: 1575-2844. <http://doi.org/10.15178/va.2017.140.45-54>. <http://www.vivatacademia.net/index.php/vivat/article/view/1034>.
- Boada, A., Mayorca, R. y Cardona, G. (2020). *La prospectiva: más allá de las proyecciones*. CEIPA. https://icontent.ceipa.edu.co/nucleos/comunicaciones/fondo_editorial/assets/files/2020_La_prospectiva_mas_alla_de_las_proyecciones.pdf.
- Boada, A. (2021). *Patrones históricos vs. patrones futuros, la importancia de la prospectiva a través de las distribuciones probabilísticas*. https://www.software-shop.com/emailmarketing/5739/FORO_5739?utm_source=gmail&utm_medium=email&utm_campaign=FORO_5739#csi-sponsors.
- Boada, A. (2024). *Analítica de datos y simulaciones: Técnicas fundamentales en la toma de decisiones*. https://www.researchgate.net/publication/382812871_Analitica_de_datos_y_simulaciones_Tecnicas_fundamentales_en_la_Toma_de_Decisiones_Financieras.
- Cárdenas, R., Pérez, M., Tejada, A. y Cevallos, L. (2019). Aplicación de un modelo híbrido de teoría de colas y algoritmo evolutivo para medir la optimización en el servicio de atención al cliente en un local de comida rápida. *Ecuadorian Science Journal*, 3(1). DOI: 10.46480/ejsri.3.1.23.
- Corredor Buitrago, P. (2018). *Modelado de la distribución de minas antipersona en Antioquia*. Universidad Nacional de

- Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/68992>.
- Dagnino S., J. (2014). La distribución normal. *Revista Chilena de Anestesia*, 43(2). <https://doi.org/10.25237/revchilanestv43n02.08>.
- Distribución Uniforme, (s.f.). DISTRIBUCIÓN UNIFORME (DE V. DISCRETA). <https://www.uv.es/ceaces/base/modelos%20de%20probabilidad/uniformedis.htm>
- Equipo Editorial Etecé. (2023). *Investigación documental*. <https://humanidades.com/investigacion-documental/>.
- Gestiópolis. (2020, septiembre 8). *Distribución normal: qué es, ejemplo y propiedades teóricas*. <https://www.gestiopolis.com/que-es-la-distribucion-normal/>.
- Granda, J. I. (2003). Algunas reflexiones y consideraciones sobre el factor de impacto. *Archivos de Bronconeumología*, 39(9), 409-417. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=eJ8vDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR2&dq=in+fo:d-H0bvjMbXUJ:scholar.google.com/&ots=oZAJQ6Q1qh&sig=qWLzwb+U+n+4+l+_S+Z+_O3FIR2xFCDC#v=onepage&q&f=false.
- Matemóvil. (2022). *Distribución de Bernoulli*. <https://matemovil.com/distribucion-de-bernoulli/>.
- Libretexts. (2022). 7.1: ¿Qué es una variable aleatoria continua? [https://espanol.libretexts.org/Estadisticas/Estadisticas_Introductorias/Libro%3A_Estad%3ADstica_inferencial_y_probabilidad_-_Un_enfoque_hol%C3ADstico_\(Geraghty\)/07%3A_Variables_aleatorias_continuas/7.01%3A_%C2%BFQu%C3%A9_es_una_Variable_Aleatoria_Continua%3F](https://espanol.libretexts.org/Estadisticas/Estadisticas_Introductorias/Libro%3A_Estad%3ADstica_inferencial_y_probabilidad_-_Un_enfoque_hol%C3ADstico_(Geraghty)/07%3A_Variables_aleatorias_continuas/7.01%3A_%C2%BFQu%C3%A9_es_una_Variable_Aleatoria_Continua%3F).
- López Briega, R. E. (2016). *Distribuciones de probabilidad con Python*. <https://relopezbriega.github.io/blog/2016/06/29/distribuciones-de-probabilidad-con-python/>.
- Llinas, H. & Rojas, C. (2006). *Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Márquez, F. (2018). *La distribución binomial*. https://fisicaymates.com/distribucion_binomial/.
- Mun, (2015) *Manual de Risk Simulator*. (PDF) Risk Simulator User Manual.
- Orsi, G. (2011). Beneficios de la Modelización y Simulación de Procesos. *Industria & Empresas*. p.6.
- Riveros, A. (2020, agosto 26). *En qué consiste el método de simulación de Montecarlo*. <https://www.ealde.es/metodo-simulacion-monte-carlo/>.
- Rodríguez, C. R. (2016). El uso de la simulación para apoyar la toma de decisiones organizacionales. *Ensayos: Revista de Estudiantes de Administración de Empresas*, 9(1). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ensayos/article/view/62075>.
- Shannon, R. E. (1988). *Simulación de sistemas: diseño, desarrollo e implementación*. Trillas.
- Software de ingeniería. (2015). *Simulación de Montecarlo*. <https://softwaredeingenieria.es/@risk/simulacion-de-montecarlo/>.

Statologos. [2021, mayo 20]. *Introducción a la distribución triangular*. <https://statologos.com/distribucion-triangular/>.

Velázquez, A. P. (2017). Estadística inferencial. Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", A.C <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/159/1/15-Estadistica%20Inferencial%20-%20%20Diplomado%20en%20An%20C3%A1lisis%20de%20Informaci%C3%B3n%20Geoespacial.pdf>

Vahos-Zuela, F., Bedoya-Londoño, D. y Boada, A. (2021). Modelaje y simulación del riesgo operativo de las instituciones fiduciarias en Colombia. *Revista RETOS de Ciencias de la Administración y Economía*, 11(22), pp 217-233, ISSN: 1390-6291, e-ISSN: 1390-8618, Ecuador. DOI <https://doi.org/10.17163/ret.n22.2021.02>. <https://retos.ups.edu.ec/index.php/retos/article/view/22.2021.02>.

Westreicher, G. (2022). Variable cuantitativa- Qué es, definición y concepto. 2022. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/variablecuantitativa.html>