

Artículo de divulgación

Enseñanza de la estadística en carreras de ingeniería: sugerencias y reflexiones desde la investigación en educación estadística

*Teaching of statistics in engineering programs: suggestions and
reflections from research in statistics education*

Eleazar Silvestre Castro ^{1,*} 

¹ Universidad de Sonora, Departamento de Matemáticas. Blvd. Luis Encinas J. y Av. Rosales, S/N, Colonia Centro. C.P. 83000, Hermosillo, Sonora. México.

* Autor para correspondencia: eleazar.silvestre@unison.mx

Recibido:

22/01/2025

Aceptado:

15/08/2025

Publicado:

2/09/2025

RESUMEN

En este documento se presentan y describen recomendaciones para la enseñanza de la estadística en carreras de ingeniería y algunos retos asociados a su implementación. Las sugerencias giran alrededor de contenidos estadísticos recomendados para carreras de ingeniería, formas deseables en las que deben conducirse procesos de enseñanza y aprendizaje de la estadística y recursos instruccionales para llevarlos a cabo.

Palabras clave: Educación estadística; ingeniería; pensamiento estadístico; ideas estadísticas fundamentales; recursos instruccionales en estadística.

ABSTRACT

This document presents and describes recommendations for teaching statistics in engineering programs and some challenges associated with their implementation. Suggestions revolve around recommended statistical contents for engineering programs, desirable ways in which statistics teaching and learning processes should be conducted and instructional resources to carry them out.

Keywords: Statistics education; engineering; statistical thinking; fundamental statistical ideas; instructional resources in statistics.

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes objetivos de la educación estadística es formar ciudadanos estadísticamente alfabetizados (Gal, 2002). Esta pretensión ha impactado en cómo se enseña estadística en los diferentes niveles educativos (ver por ejemplo, Büscher, 2022) y persigue que los estudiantes

sean capaces de (a) interpretar y evaluar críticamente información estadística, argumentos relacionados con datos o fenómenos estocásticos encontrados en contextos diversos y, cuando sea necesario, (b) discutir y comunicar sus reacciones ante información estadística, tal como su comprensión del significado de dicha información, sus opiniones sobre las implicaciones de la misma o sus

preocupaciones relacionadas con la aceptabilidad de las conclusiones (Gal, 2002).

En una época donde la información estadística abunda y se entrelaza con áreas como la ciencia de datos y la inteligencia artificial, que tienen un impacto creciente en el entorno personal y profesional, difícilmente se puede discutir que egresados de las diferentes carreras universitarias se benefician de desarrollar y robustecer su alfabetización estadística; pero también es verdad que las necesidades en materia de conocimientos estadísticos varían significativamente entre las distintas profesiones y áreas disciplinares que normalmente se encuentran en los centros universitarios.

En particular, egresados de carreras del área denominada como Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas (STEAM, por sus siglas en inglés), requieren desarrollar conocimientos y habilidades estadísticas más especializados y que respondan a las necesidades de su entorno laboral y profesional. Esta situación genera retos en la generación de acuerdos y toma de decisiones sobre qué contenidos estadísticos privilegiar en la enseñanza de estocásticos para los futuros ingenieros y, en particular, qué acciones y procesos de enseñanza y aprendizaje deben priorizarse en la enseñanza de contenidos estadísticos y probabilísticos.

Esta contribución es un esfuerzo en esta dirección; se presenta una serie de recomendaciones y reflexiones sobre la enseñanza de la estadística en el contexto de la ingeniería, que están basadas en (y limitadas por) los conocimientos y experiencias del presente autor como profesor de estadística en el nivel universitario y como investigador en didáctica de la estadística.

En la primera sección, se describen ideas y contenidos estadísticos sugeridos para carreras de ingeniería; en la segunda, se destaca al pensamiento estadístico como vía de desarrollo de conocimientos y habilidades estadísticas en ingeniería y cómo es que puede ser promovido a través del desarrollo de proyectos y el pensamiento multivariable; en la tercera, se resalta el papel y uso de los modelos en la enseñanza de la estadística para ingeniería; en la cuarta, se presentan y describen algunos recursos instruccionales disponibles para la enseñanza de la estadística en ingeniería. Durante el desarrollo de las secciones se mencionan algunos retos que se desprenden para el profesorado y diseñadores didácticos en educación estadística.

CONTENIDOS ESTADÍSTICOS EN INGENIERÍA

Una de las grandes pretensiones de la enseñanza de la estadística en carreras de ingeniería es que los egresados sean capaces de pensar y razonar estadísticamente, para una toma de decisiones efectivas fundamentadas en datos y sus procesos de análisis. Para ello se apuesta por, entre otras cosas, la enseñanza de una variedad de tópicos que cubren ideas estadísticas consideradas como fundamentales (Burril y Biehler, 2011). Estas ideas son: datos, representación, variabilidad, distribución, modelos de probabilidad, asociación y modelación entre variables y muestreo e inferencia.

La mayor parte de los programas de asignatura de estadística en carreras de ingeniería (ver por ejemplo, Figueroa y Montoya, 2020; UNAM, 2015; González, 2001) incluyen tópicos que se corresponden con todas las ideas estadísticas fundamentales, y se suelen englobar en tres áreas: (1) aquellos relacionados con la estadística descriptiva (representaciones estadísticas, medidas de tendencia central y medidas de variabilidad), (2) aquellos relacionados con la probabilidad (enfoques de probabilidad, teoría de variables aleatorias y distribuciones de probabilidad) y (3) aquellos relacionados con la inferencia estadística (distribuciones muestrales, intervalos de confianza, pruebas de hipótesis y análisis de regresión).

La distribución de horas de trabajo en cada área varía entre las instituciones universitarias, pero se suele dedicar más tiempo a la (2) y a la (3). Esto obedece, por una parte, a que muchas instituciones universitarias contienen solo una materia dedicada a estocásticos (Probabilidad y Estadística), lo que genera el reto de atender muchos contenidos en un tiempo lectivo reducido (de hecho, para muchos estudiantes del nivel superior, el curso introductorio de estadística es el primero y también el último). Por otra parte, una razón alternativa para este énfasis es que, como se describe más adelante, el tratamiento de situaciones de la ingeniería bajo una perspectiva estocástica va más allá de la estadística descriptiva, pues involucra el trabajo con el diseño experimental, el muestreo y la inferencia estadística.

PENSAMIENTO ESTADÍSTICO COMO EJE RECTOR DE LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA EN INGENIERÍA

El campo de la ingeniería ofrece una amplia y rica variedad de escenarios, muchos de ellos que derivan en problemas abiertos, en los que se involucran las ideas estadísticas fundamentales como herramientas de generación de una o varias soluciones. Por ejemplo, acelerar el tiempo de secado de una pintura; mejorar la producción de ladrillos reduciendo la aparición de unidades defectuosas; determinar y controlar el nivel de aspereza de una superficie; identificar y reducir la cantidad de residuos de jabón en el diseño de una lavadora automática; etcétera.

No obstante, una metodología de enseñanza de la estadística que se considera apropiada no se limita a elegir un “buen contexto”. Una de las máximas en la enseñanza de la estadística es la de promover el pensamiento estadístico, es decir, diseñar e impartir las lecciones de tal manera que se impulse la visión de la estadística en el estudiantado como un proceso investigativo de resolución de problemas y de toma de decisiones (Carver et al., 2016; Bargagliotti et al., 2020). La enseñanza tradicionalista de la estadística, en la que se presenta a los estudiantes un conjunto aislado de herramientas, habilidades y procedimientos, oscurece y distorsiona la naturaleza investigativa y de operación práctica de la disciplina estadística.

En esencia, el proceso estadístico de resolución de problemas se desarrolla en cuatro etapas: formulación de preguntas, recolección de datos, análisis de datos e interpretación de resultados (Wild y Pfannkuch, 1999; Carver et al., 2016; Bargagliotti et al., 2020). Dichas etapas se muestran en la Figura 1.



Figura 1. Proceso estadístico de resolución de problemas (adaptado de Bargagliotti et al., 2020).

Al adoptar un enfoque pedagógico que sigue este proceso, se involucra a los estudiantes en el abordaje de un problema específico y la proposición de preguntas (estadísticas), a poner a prueba supuestos y conjeturas y a extraer conclusiones de los datos experimentales. Este recorrido puede tener varias iteraciones y se considera que las diferentes etapas del proceso están conectadas entre sí.

Un camino natural para promover el acercamiento a estos procesos es el desarrollo de proyectos como eje rector de la enseñanza de la estadística, metodología ampliamente recomendada para la enseñanza de las matemáticas en carreras implicadas en el área STEAM. Varios estudios muestran que los estudiantes, al involucrarse en proyectos donde deben tomar decisiones y recabar sus propios datos, incrementan su motivación y relacionan el uso de la estadística con su vida diaria y profesional (ver por ejemplo, Neumann, Hood & Neumann, 2013). También se reporta que los estudiantes de carreras en el área de STEAM muestran mejor desempeño al final de los cursos cuando se involucra al aprendizaje activo (Freeman et al., 2014), acercamiento pedagógico implicado en el trabajo por proyectos estadísticos (Cobb, 1992; Carver et al., 2016).

Los proyectos pueden tener diferentes alcances y niveles, sujetos a las condiciones particulares en las que se desenvuelven los procesos de enseñanza y aprendizaje de la estadística. Por ejemplo, en el contexto de la ingeniería, proyectos centrados en el aula escolar pueden involucrar a los estudiantes en la confección de un cohete a pequeña escala e impulsarlo de diferentes maneras para

analizar los factores que determinan su alcance, o investigar si cambiar de mano en un proceso de organización de objetos aumentaría considerablemente el tiempo de una línea de producción. En cualquiera de estas situaciones se debe formular una pregunta y un plan de acción, identificando, donde aplique, tratamientos, unidades experimentales, principios de diseño (aleatorización, grupo control, etc.), parámetros y tipos de análisis a realizarse.

Proyectos de mayor envergadura pueden extender el aula escolar e inclusive involucrar a agentes de instituciones externas, tanto para identificar y plantear una problemática como para llevar a cabo la etapa de recolección de datos. Por ejemplo, se puede pedir al estudiantado que comparta la información contenida en el recibo del servicio eléctrico y de consumo de agua del inmueble en el que residen, en los cuales imperan variables relacionadas con la ingeniería y cuyo análisis de datos permite hacer pronósticos o estimaciones de la demanda de tales servicios públicos. Otros proyectos pueden desarrollarse en colaboración con otras materias de la carrera y que en ocasiones cuentan con talleres especializados. Por ejemplo, para el caso de los ingenieros industriales y de sistemas, una posibilidad es realizar proyectos en el contexto de la instrumentación y metrología o en el control de calidad.

El desarrollo de proyectos más allá del aula puede involucrar a empresas o instituciones externas al ámbito estudiantil, lo cual implica otro nivel de reto para el profesorado puesto que se deben contar con (o desarrollar) redes de colaboración entre tales instituciones. Cuando el desarrollo de estos proyectos es viable, los estudiantes no solo pueden aprender estadística en un contexto cien por ciento auténtico y realista, sino que también tienen oportunidad de experimentar con técnicas de análisis de datos que guardan estrechos paralelismos con procedimientos clásicos de la inferencia estadística (ver por ejemplo, Bakker et al., 2008) y cómo es que estas se compaginan e integran entre sí (ver por ejemplo, Bakker et al., 2016).

PENSAMIENTO MULTIVARIABLE EN LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA EN INGENIERÍA

Otra componente necesaria para desarrollar el pensamiento estadístico es la de pensamiento multivariable (Carver et al., 2016). Al igual que en otras carreras y profesiones de la ciencia, es probable que estudiantes de ingeniería se enfrenten a situaciones de su campo laboral en las que múltiples variables se relacionan entre sí de manera compleja, por lo que es deseable que egresen de los cursos de estadística con al menos una noción de cómo se relacionan estadísticamente más de dos variables. El objetivo es que los estudiantes desarrollen herramientas para evaluar y dar cuenta del posible impacto de otras variables de confusión que no han sido consideradas en el estudio.

Sin duda, la duración de los cursos introductorios de estadística en el nivel superior dificulta cubrir en profundidad tópicos relacionados con el pensamiento multivariable. No obstante, algunos educadores recomiendan comenzar por un caso simple pero ilustrativo, correspondiente a explorar el caso de analizar como una tercera variable puede cambiar la comprensión sobre como dos variables se relacionan (Meng, 2011). Por ejemplo, la relación entre el precio y color de un diamante cambia significativamente cuando se considera su peso (en quilates); la relación entre el importe por consumo de energía y cantidad de energía suministrada se altera cuando se considera la ubicación del inmueble o temporada del año en el que se realizó el consumo; etcétera. Enfoques simples como el de estratificación pueden ser suficientes para identificar la verdadera relación entre las variables involucradas, dejando para momentos posteriores el abordaje de técnicas más complejas y sofisticadas como la de regresión múltiple.

ÉNFASIS EN EL USO DE MODELOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA EN INGENIERÍA

Una amplia variedad de situaciones problema en ingeniería llevan a realizar, ya sea en menor o mayor escala, un proceso de modelación matemática dentro del dominio de la estadística y/o de la probabilidad. Por ejemplo, en el contexto de la ingeniería de materiales, una familia de problemas típicos surge de la necesidad de cuantificar cualidades de un determinado material (rugosidad, elasticidad, aspereza, etcétera), lo que conlleva realizar un proceso de identificación y selección de variables, de aplicación de modelos probabilísticos y

de procedimientos de análisis que relacionan datos experimentales con tales modelos para producir determinadas conclusiones (Moore et al. 2011). De aquí que otra componente necesaria para desarrollar el pensamiento estadístico en ingeniería (y también en otras disciplinas) es comprender el rol y uso de modelos estocásticos (Carver et al., 2016).

Un ejemplo clásico del uso de modelos en estadística es el de regresión lineal simple, un tópico presente en prácticamente cualquier programa introductorio de estadística en ingeniería y que se corresponde con una idea estadística fundamental. Un modelo estadístico, cuya ecuación matemática puede ser tan “simple” como la de una recta en el plano cartesiano, puede ser usado para evaluar la fuerza y dirección de la posible asociación entre dos variables estadísticas; por ejemplo, la relación de la velocidad del aire y el coeficiente de evaporación en una turbina de propulsión, la relación entre la cantidad de luz solar que recibe determinada planta y la velocidad de su crecimiento, la relación entre la temperatura ambiente y el consumo de gas, etcétera.

Como se ha señalado previamente, es importante enfatizar, durante la enseñanza de este tópico, que la naturaleza de un modelo de regresión lineal es de tipo inferencial (i.e., se usa para estimar valores de una variable dependiente o de respuesta a partir de otra que es independiente y explicativa), ya que en la enseñanza tradicional se suele tratar desde una perspectiva descriptiva. También es importante resaltar que una tabla de doble entrada o una ecuación de regresión simple no necesariamente dan cuenta de la verdadera historia en la relación entre dos variables (i.e., correlación espuria). Precisamente, los modelos multivariantes ayudan a superar semejante limitación e inclusive algunos educadores sugieren abordar la paradoja de Simpson para ilustrar esta situación (Batanero y Gea, 2020).

A su vez, otras dos ideas estadísticas fundamentales se relacionan íntimamente con la modelación en estadística y en ingeniería: el trabajo con modelos de probabilidad y el uso de técnicas de inferencia estadística. En resumen, los modelos probabilísticos ayudan a describir matemáticamente aspectos fundamentales del muestreo y las distribuciones que están detrás de las variables con las que se trabaja (sean consideradas como variables estadísticas o como variables aleatorias).

Por una parte, en algunos estudios se argumenta que la construcción y comprensión del concepto de distribución muestral – concepto abstracto y complejo que está en la base de la probabilidad y la inferencia estadística – se hace más asequible para los estudiantes cuando su enseñanza se apoya en procesos de simulación del muestreo repetido (van Dijke-Droogers et al., 2019, Silvestre, Sánchez e Inzunza, 2022). Otros investigadores recomiendan que la enseñanza de los conceptos básicos de probabilidad y modelos probabilísticos ocurra en el contexto del tratamiento del riesgo (Borovcnik y Kapadia, 2018), un concepto ampliamente presente en situaciones de la ingeniería. Por ejemplo, en la seguridad industrial, la industria minera y semejantes, se pueden utilizar datos de accidentes ocurridos para estimar nuevos incidentes y tomar acciones de prevención. En estas situaciones se puede ilustrar y dar sentido a conceptos como aleatoriedad, variabilidad y expectativa (esperanza), especialmente si se recurre a la simulación para explorar como un modelo probabilístico se refleja en la producción de datos (Garfield, delMas y Zieffler, 2012).

Por otra parte, también hay propuestas de actividades didácticas sobre el uso de modelos probabilísticos diseñadas por educadores estadísticos y dirigidas específicamente a ingenieros en formación. Por ejemplo, Aguiar, Gutiérrez y Vargas (2023) reportan sobre una experiencia en la que diseñaron una actividad para ingenieros civiles basada en una perspectiva de modelación y orientada a promover el aprendizaje de la distribución binomial. Los autores reportan que la resolución de la actividad por parte de los estudiantes ayudó a que superaran las limitaciones de abordar el problema usando únicamente ideas de proporcionalidad y pensamiento lineal; en cambio, identificaron la necesidad de ver el fenómeno bajo estudio como uno de tipo aleatorio y a usar la distribución binomial para proponer una solución. Aunque las propuestas de actividades dirigidas a estudiantes de ingeniería no son precisamente abundantes en la literatura especializada de la educación estadística, este trabajo evidencia que hay elementos valiosos y rescatables que pueden servir como base para el diseño de otros materiales y recursos didácticos dirigidos al ingeniero en formación (ver por ejemplo, Garfield et al., 2012; Budgett y Pfannkuch, 2018).

Otro grupo de propuestas resaltan el papel, construcción y uso de modelos probabilísticos en las técnicas básicas

de inferencia estadística (Rossman, 2008; Batanero y Díaz, 2015), las cuales conforman el último (y grueso) bloque de contenidos en un curso introductorio de estadística en ingeniería. En efecto, una definición ubica a la inferencia estadística como una conclusión que extiende un resultado observado en datos (experimentales) hacia una población o proceso y que debe estar sustentada en un modelo probabilístico (Rossman, 2008).

Considérese, por ejemplo, que determinado establecimiento lleva a cabo un proceso de llenado de paquetes de harina de trigo que deben pesar 1 Kg cada uno (Batanero y Díaz, 2015). Para asegurarse de que el proceso de llenado se lleva a cabo correctamente (i.e., con un nivel de variabilidad pequeño y controlado), se toma una muestra aleatoria de n cantidad de paquetes (por ejemplo entre 30 y 50) y se calcula su media muestral. Si el valor difiere poco o mucho del parámetro de 1 Kg, en la inferencia clásica o frecuentista se usa la información que arroja el estadístico para realizar una prueba de hipótesis y así decantarse por una de dos hipótesis: el proceso de llenado está bajo control (H_0) o está descontrolado (H_1). El proceso de realización de la prueba implica utilizar un modelo probabilístico (por ejemplo, el modelo normal) y teoremas asociados (teorema central del límite) para calcular la probabilidad de haber observado el resultado experimental o algo más atípico suponiendo que el proceso está controlado (p -valor).

Diferentes investigadores y educadores estadísticos coinciden en que estudiantes universitarios son capaces de reproducir el procedimiento de la prueba de hipótesis en algunas situaciones, pero también que ello no necesariamente refleja su comprensión conceptual y cómo es que podría ser utilizada en otros escenarios y situaciones. Al respecto, un grupo sustancial de educadores e investigadores llaman a reconocer la complejidad involucrada en tópicos como el de la prueba de hipótesis y aboga por introducirlas, desde un enfoque informal (ver por ejemplo, Rossman, 2008; Case y Jacobbe, 2018; Silvestre, Armenta e Inzunza, 2024). Estas propuestas se apoyan en la simulación física y computarizada para construir el modelo probabilístico correspondiente a la distribución muestral involucrada, y así centrar el proceso de enseñanza en la comprensión conceptual y en dar sentido a la lógica del proceso.

Aunque modestas, se dispone de evidencias que muestran que seguir un enfoque basado en la simulación y ambientes virtuales ricos en tecnología para aprender y hacer estadística puede ayudar sustancialmente a estudiantes universitarios a superar obstáculos en el aprendizaje de la estadística inferencial (ver por ejemplo, Inzunza e Islas, 2019a y 2019b). Enfoques y recursos de esta clase se sugieren para estudiantes noveles en el aprendizaje de la inferencia estadística, ya sea que estén en carreras de ciencias sociales, de ingenierías o de las ciencias exactas, pues ayudan cimentar aprendizajes clave sobre la inferencia que mejoran las posibilidades de comprensión de métodos y técnicas más sofisticadas.

RECURSOS DIDÁCTICOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA EN INGENIERÍA

Se destacan dos grupos de recursos didácticos para la enseñanza de la estadística:

1. Paquetería especializada en hacer y aprender estadística y probabilidad. El acelerado desarrollo tecnológico de las últimas décadas en materia de software ha impactado sin duda alguna tanto la práctica como la enseñanza y aprendizaje de la disciplina estadística (Biehler et al., 2013; Andre y Lavicza, 2019).

Por una parte, instituciones educativas y practicantes de las ingenierías coinciden en la necesidad de utilizar softwares especializados en hacer estadística dentro de los cursos universitarios, como una manera de asegurar que los estudiantes egresen con al menos una noción de cómo hacer estadística en su vida profesional. Actualmente se cuenta con paquetería estadística ampliamente utilizada en el ambiente universitario y en diversas disciplinas, desde el uso de Excel hasta el clásico software SPSS y, más recientemente, el del software R.

Al respecto, Stemock y Kerns (2019) destacan, aunque con modesta evidencia, que el aprendizaje de técnicas de inferencia estadística puede facilitarse integrando estos softwares a las prácticas escolares y que no hay gran diferencia entre usar uno y otro, en términos de los aprendizajes alcanzados por los estudiantes al final del curso. Si bien R atraviesa por un período de gran popularidad en el ambiente profesional, en el universitario y el de la investigación, vale la pena recalcar la conveniencia de que programas como este

sean de libre acceso y que impliquen el aprendizaje de aspectos técnicos de programación que tienen coincidencias con otros.

Por otra parte, en la actualidad también se dispone de un rico (y creciente) abanico de softwares educativos en estadística y probabilidad, es decir, diseñados para hacer, enseñar y aprender sobre contenidos estocásticos en diferentes niveles educativos, incluyendo el universitario. Para la enseñanza de estocásticos en ingeniería, actualmente se dispone de applets diseñados para el aprendizaje de diversas técnicas de inferencia estadística y conceptos asociados, que se apoyan fuertemente en la simulación y explotan el sentido frecuentista de la probabilidad y la inferencia estadística clásica. Un ejemplo valioso se encuentra en Chance y Rossman (2021), que ofrece una variedad de applets para explorar el muestreo aleatorio, el análisis exploratorio de datos y algunas nociones de probabilidad e inferencia estadística. Por ejemplo, en la Figura 1 se muestra el applet correspondiente a realizar inferencias sobre una proporción poblacional usando simulaciones aleatorias computarizadas:

One Proportion

Describe process:

Probability of success (π):
 Sample size (n):
 Number of samples:

Most recent results

Number of Successes = 154
 Number of Failures = 46

☒ Show animation

☐ Summary Statistics

Total Samples = 10000

Choose statistic:

☒ Number of successes
☐ Proportion of successes

Count samples

As extreme as

Proportion of samples:
 586 / 10000 = 0.0586

☐ Show previous results
☐ Show sliders

Options:

☐ Two-sided
☐ Exact Binomial
☐ Normal Approximation

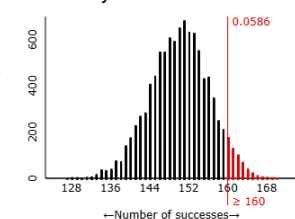


Figura 2. Applet para realizar inferencias sobre una proporción poblacional (tomado de <https://www.rossmanchance.com/applets/>).

También se cuenta con programas más robustos como Tinkerplots (<https://www.tinkerplots.com/>), que integran, en un mismo ambiente virtual, capacidades de procesamiento de análisis de datos, de análisis exploratorio de datos y de simulación. En esta línea de herramientas para la enseñanza, una plataforma de libre acceso se ha desarrollado recientemente y es ampliamente sugerida para la enseñanza de estocásticos en todos los niveles educativos, denominada Plataforma Común en Línea para el Análisis de Datos (CODAP, por sus siglas en inglés, ver Figura 3).

En general, los softwares de esta clase tienen un conjunto de características clave que los hace aptos para facilitar procesos de enseñanza y aprendizaje de contenido estocástico, tales como: arrastrar y soltar variables para generar resúmenes estadísticos y gráficas apropiadas; usar deslizadores y la función de arrastre para observar cómo afectan datos y parámetros a resúmenes y gráficos en tiempo real; ligar y disponer de múltiples representaciones para facilitar procesos de transnumeración; generar gráficos multivariados; generar y explorar procesos de simulación para investigar y probar relaciones en los datos; facilitar la generación y adaptación de micromundos virtuales en los que los estudiantes pueden explorar conceptos de la estadística y la probabilidad.

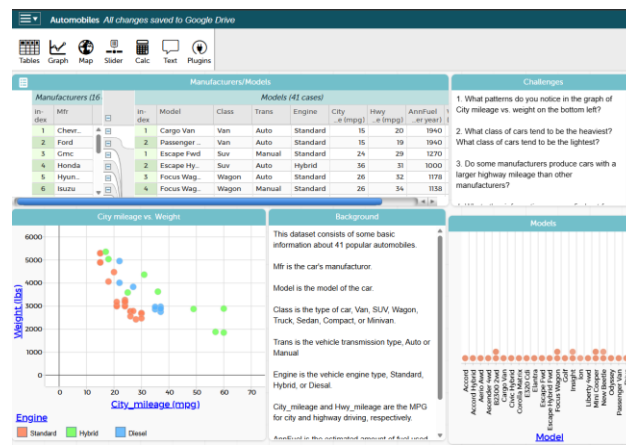


Figura 3. Registro y visualización de indicadores de modelos automovilísticos (tomado de <https://codap.concord.org/>).

Estas herramientas, en conjunto con procesos de planeación didáctica cuidadosa que las integran, ofrecen la posibilidad de potenciar el aprendizaje de los estudiantes en materia del análisis exploratorio de datos,

para conectar datos con el azar y como preparación para la inferencia estadística.

2. Repositorios de datos, actividades y sitios con información estadística. Una práctica que se ha extendido desde hace años es la publicación y difusión de bases o repositorios de datos de naturaleza diversa, con fines de apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje de la estadística, por lo que actualmente, y en conjunto con la amplia propulsión de la ciencia de datos, existe una variedad de recursos de esta clase que pueden ser utilizados tanto dentro como fuera del aula escolar (Carver et al., 2016).

Por ejemplo, sitios como Nuestro Mundo en Datos (<https://ourworldindata.org/>) y el de la Organización Mundial de la Salud (<https://www.who.int/>) proveen datos e información estadística sobre temáticas sociales, económicas, de la salud, del medio ambiental y de las ciencias, en tanto que el Proyecto Internacional de Alfabetización Estadística (<https://iase-web.org/islp/Resources.php>) también ofrece repositorios de datos y ejemplos de actividades para estudiantes de niveles educativos que promueven el pensamiento y alfabetización estadística.

Dado que inclusive ahora se cuenta con buscadores de bases de datos robustos (ver por ejemplo, <https://www.kaggle.com/datasets>), es de reconocerse que puede resultar todo un reto para el profesorado y diseñadores didácticos, el navegar entre un mar de datos y elegir al conjunto apropiado para, por ejemplo, llevar a cabo procesos de instrucción estadística en carreras de ingeniería. No obstante, documentos especializados como el de Lineamientos para la Evaluación e Instrucción en Educación Estadística, Reporte Colegial 2016 (Carver et al., 2016), brindan ejemplos de actividades didácticas específicas y lineamientos tanto generales como particulares para el diseño de lecciones y tareas, considerando el uso de datos realistas y provenientes de problemáticas reales y la integración con el uso de tecnología para hacer y enseñar estadística.

CONCLUSIONES

En este documento se han presentado algunas recomendaciones y retos sobre la enseñanza de la estadística en carreras de ingeniería. Como se declaró anteriormente, el diseño didáctico para la educación estadística de los futuros ingenieros es un área de

oportunidad y en pleno desarrollo dentro de la investigación en educación matemática, pero se disponen ya de materiales, recursos y pautas que han probado ser benéficas para potenciar el aprendizaje de los estudiantes.

Un hecho a no perder de vista es que, para los siguientes años, es muy probable que los cambios tecnológicos sigan avanzando a un ritmo acelerado y ello, de nueva cuenta, impacte en cómo se ejerce y aplica la estadística en el entorno investigativo, la industria y, por tanto, en el ámbito educativo. De hecho, en este mismo momento somos testigos de cómo la ciencia de datos y la inteligencia artificial están haciendo precisamente eso, por lo que las recomendaciones para la educación estadística de los futuros ingenieros también deben considerarse desde una perspectiva dinámica y adaptativa.

Literatura citada

- Aguiar, M.E., Gutiérrez, H. & Vargas, V. (2023). *Statistics Education Research Journal*, 22(3), 15-34. <https://doi.org/10.52041/serj.v22i3.431>
- Andre, M., y Lavicza, Z. (2019). Technology changing statistics education: Defining possibilities, opportunities and obligations. *The Electronic Journal of Mathematics and Technology*, 13(3), 253-264.
- Bakker, A., Kent, P., Derry, J., Noss, R. & Hoyles, C. (2008). Statistical inference at work: statistical, process control as an example. *Statistics Education Research Journal*, 7(2), 130-145. <http://dx.doi.org/10.52041/serj.v7i2.473>
- Bakker, Ben-Zvi, D. & Makar, K. (2016). An inferentialist perspective on the coordination of actions and reasons involved in making a statistical inference. *Mathematics Education Research Journal*, 29, 455-470. <https://doi.org/10.1007/s13394-016-0187-x>
- Bargagliotti, A., Franklin, C., Arnold, P. Gould, R., Johnson, S., Perez, L., & Spangler, D. (2020). *Pre-K-12 guidelines for assessment and instruction in statistics education II (GAISE II). A Framework for Statistics and Data Science Education*. American Statistical Association. Disponible en línea: https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GAISEIIPreK-12_Full.pdf
- Batanero, C. & Gea, M.M. (2020). Making sense of correlation and regression. En K. Villalba et al.,



- Education and Technology in Sciences* (pp. 22-35). Cham: Springer. Communications in Computer and Information Science. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45344-2_3.
- Batanero, C. & Díaz, C. (2015). Aproximación informal al contraste de hipótesis. En J. M. Contreras, C. Batanero, J. D. Godino, G.R. Cañadas, P. Arteaga, E. Molina, M.M. Gea y M.M. López (Eds.), *Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria 2*, (pp. 207-214). Granada, 2015.
- Biehler, R., Ben-Zvi, D., Bakker, A. & Makar, K. (2013). Technology for enhancing statistical reasoning at the school level. En M. A. Clements et al. (Eds.), *Third International Handbook of Education* (pp. 643-689). Springer.
- Borovcnik, M. & Kapadia, R. (2018). Reasoning with Risk: Teaching Probability and Risk as Twin Concepts. En Batanero, C. & Chernoff, E. J. (eds.), *Teaching and Learning Stochastics, ICME-13 Monographs*, (pp. 3-22). https://doi.org/10.1007/978-3-319-72871-1_1
- Budgett, S., & Pfannkuch, M. (2018). Modeling and linking the Poisson and exponential distributions. *ZDM Mathematics Education*, 50(7), 1281-1294. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0957-x>
- Burrill, G. & Biehler, R. (2011). Fundamental statistical ideas in the school curriculum and in training teachers. En C. Batanero, G. Burrill, & C. Reading (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education: A Joint ICMI/IASE Study*, (pp. 57-69). Springer.
- Büscher, C. (2022). Design Principles for Developing Statistical Literacy in Middle Schools. *Statistics Education Research Journal*, 21(1), 8-8. <https://doi.org/10.52041/serj.v21i1.80>
- Case, J., y Jacobbe, T. (2018). A framework to characterize student difficulties in learning inference from a simulation-based approach. *Statistics Education Research Journal*, 17(2), 9-29. <https://doi.org/10.52041/serj.v17i2.156>
- Carver, R., Everson, M., Gabrosek, J., Horton, N., Lock, R., Mocko, M., Rossman, A., Holmes, G., Velleman, P., Witmer, J. & Wood, B. (2016). *Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education (GAISE) in Statistics Education (GAISE) College Report 2016*. American Statistical Association. Disponible en línea: https://www.amstat.org/docs/default-source/amstat-documents/gaisecollege_full.pdf
- Chance, B., y Rossman, A. (2021). *One proportion inference* [Applet]. Rossman/Chance Applet Collection 2021. Disponible en línea: <https://www.rossmanchance.com/applets/2021/oneprop/OneProp.htm>
- Cobb, G.W. (1992). Report of the joint ASA/MAA committee on undergraduate statistics. En: *The American Statistical Association 1992 proceedings of the section on statistical education*, (pp. 281-283). American Statistical Association.
- Figuerola, G. & Montoya, J.A. (2020). *Probabilidad y Estadística*. Recuperado del sitio de internet de la Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia: https://www.mat.uson.mx/web/wp-content/uploads/Ing_Biomedica_Probabilidad_Estadistica.pdf
- Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M.K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M.P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), (pp. 8410-8415). <https://psycnet.apa.org/doi/10.1073/pnas.1319030111>
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International statistical review*, 70(1), 1-25. <https://doi.org/10.2307/1403713>
- Garfield, J., delMas, R., & Zieffler, A. (2012). Developing statistical modelers and thinkers in an introductory, tertiary-level statistics course. *ZDM Mathematics Education*, 44(7), 883-898. <https://doi.org/10.1007/s11858-012-0447-5>
- González, D.U. (2001). Programa analítico de la materia de Bioestadística. Recuperado del sitio de internet de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ingeniería: <http://evaluarte.uaaan.mx/CALIDAD/HORTICULTURA%20SEDE/CUARTO-INFORME-ACREDITACION/3.%20PLAN%20DE%20ESTUDIOS/CATALOGO%20DE%20PROGRAMAS%20ANALITICOS/PLAN-2004-2012/2%20BLOQUE/BIOESTADISTICA%20DEC423.pdf>
- Inzunza, S. & Islas, E. (2019a). Análisis de una trayectoria de aprendizaje para desarrollar

- razonamiento sobre muestras, variabilidad y distribuciones muestrales. *Educación Matemática*, 31(3), 203-230. <https://doi.org/10.24844/em3103.08>
- Inzunza, S. & Islas, E. (2019b). Diseño y Evaluación de una Trayectoria Hipotética de Aprendizaje para Intervalos de Confianza basada en Simulación y Datos Reales. *Bolema, Rio Claro*, 33(63), 1-26. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v33n63a01>
- Meng, X.L. (2011). Statistics: Your Chance for Happiness (or Misery). *The Harvard Undergraduate Research Journal*, 2. Disponible en: <http://thurj.org/as/2011/01/1259>
- Moore, T.J., Hjalmarson, M. & delMas, R. (2011). Statistical Analysis When the Data is an Image: Eliciting Student Thinking About Sampling and Variability. *Statistics Education Research Journal*, 10(1), 15-34. <http://dx.doi.org/10.52041/serj.v10i1.353>
- Neumann, D., Hood, M., & Neumann, M. (2013). Using Real-Life Data when Teaching Statistics: Student Perceptions of this Strategy in an Introductory Statistics Course. *Statistics Education Research Journal*, 12, 59-70. Disponible en: http://iaseweb.org/documents/SERJ/SERJ12%282%29_Neumann.pdf
- Rossman, A. (2008). Reasoning about informal statistical inference: One statistician's view. *Statistics Education Research Journal*, 7(2), 5-19. <https://doi.org/10.52041/serj.v7i2.467>
- Silvestre, E., Sánchez, E. & Inzunza, S. (2022). El razonamiento de estudiantes de bachillerato sobre el muestreo repetido y la distribución muestral empírica. *Educación Matemática*, 34(1), 100-130. <https://doi.org/10.24844/EM3401.04>
- Silvestre, E., Armenta, M. & Inzunza, S. (2024). Diseño y Evaluación de una Trayectoria Hipotética de Aprendizaje orientada a introducir la Prueba de Hipótesis desde un Acercamiento Informal. *Bolema, Rio Claro*, 38, 1-22. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v38a230138>
- Stemock, B. & Kerns, L. (2019). Use of commercial and free software for teaching statistics. *Statistics Education Research Journal*, 18(2), 54-67. <https://doi.org/10.52041/serj.v18i2.140>
- UNAM (2015). *Proyecto de modificación del plan de estudios de la licenciatura en ingeniería civil*, Facultad de Ingeniería:
- https://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/Civil/2016/asignaturas_civil_2016.pdf
- van Dijke-Droogers, M., Drijvers, P., & Bakker, A. (2019). Repeated sampling with a black box to make informal statistical inference accessible. *Mathematical Thinking and Learning*, 21(2), 1-23. <https://doi.org/10.1080/10986065.2019.1617025>
- Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry (with discussion). *International Statistical Review*, 67(3), 223-265.

Aviso legal/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente de los autores y colaboradores, y no de Agraria ni de sus editores. Agraria y sus editores no se responsabilizan de ningún daño a personas o bienes que resulte de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.