



Guía docente: construcción de modelos económicos

Implementación en el laboratorio, fundamentos teóricos,
evidencia experimental y variantes

Behavioral and Experimental Economics Research Lab
Departamento de Economía



Versión revisada | Octubre de 2026

<https://beer-lab.org/>

Cómo utilizar esta guía

Esta guía permite preparar, implementar y discutir la familia de construcción de modelos económicos del BEER Lab. Está dirigida a docentes de economía y cursos relacionados, sin presuponer experiencia en programación o laboratorio.

La ruta operativa explica acceso, configuración y pantallas. Los fundamentos desarrollan variables, fórmulas, información y evaluación. Las extensiones y ejercicios permiten conducir el feedback con resultados de la clase.

Cada idioma cubre la versión básica y trece extensiones. Es una actividad individual: no requiere parejas ni esperas. Los elementos comunes se presentan una vez y cada variante desarrolla aquello que cambia.

Autor

Esta guía fue preparada por Stanislao Maldonado, profesor investigador del Departamento de Economía del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey. Para consultas o sugerencias sobre su contenido, puede contactar al autor en stanislao.maldonado@tec.mx.

Para el docente

La guía sigue la interfaz en español. Las configuraciones en inglés reproducen la misma lógica. Nunca proyecte códigos individuales ni vincule resultados con nombres, matrículas o lugares dentro del salón.

Índice general

Cómo utilizar esta guía	i
1. Qué enseña esta actividad y cómo acceder	1
1.1. Una pregunta antes de una ecuación	1
1.2. Ficha operativa	2
1.3. Del sitio del laboratorio a la sesión	2
2. Fundamentos y ejemplos para explicar el modelo	8
2.1. Variables, supuestos y forma funcional	8
2.2. Resolver la referencia estable	8
2.3. Entrenamiento, prueba y revisión	9
2.4. Error y puntuación, paso a paso	10
2.5. Diseñar una comparación informativa	10
3. Preparar y conducir el recorrido	11
3.1. Decisiones previas del docente	11
3.2. Lo que ve cada participante	11
3.3. Problemas operativos frecuentes	12
4. Extensiones y comparaciones pedagógicas	17
4.1. Cómo elegir una comparación	17
4.2. Variación moderada y alta de resultados	17
4.3. Relación no lineal	18
4.4. Condición relevante	18
4.5. Interacción entre variables	18
4.6. Datos iniciales correlacionados	19
4.7. Predicción fuera del rango inicial	19
4.8. Cambio del entorno	19
4.9. Condición sin efecto	20
4.10. Costo de complejidad	20
4.11. Costo de experimentar	20
4.12. Aplicaciones a demanda y producción	21
5. Leer el informe y trabajar con los datos	22
5.1. Revelación y denominadores	22
5.2. Fórmulas, trayectorias y dispersión	22
5.3. Descarga, privacidad y reproducción	23
6. Plan de clase, ejercicios y cierre	26
6.1. Sesión breve y sesión con revisión	26
6.2. Ejercicios con orientación de respuesta	26
6.3. Criterios de evaluación y lista final	28

Índice de figuras

1.1. Sitio del laboratorio: la sección CLASE conduce a los materiales docentes.	4
1.2. Directorio docente: busque la tarjeta de la familia y seleccione su idioma.	5
1.3. Demo de la instancia aislada: el fragmento muestra configuraciones de construcción de modelos.	6
1.4. Rooms contiene cuatro salas de la misma familia.	6
1.5. Sala básica en español: seleccione el protocolo antes de crear la sesión.	7
3.1. Creación de sesión: seleccione el protocolo y el número de personas.	13
3.2. Bienvenida: el estudiante lee las reglas y confirma antes de comenzar.	13
3.3. Recursos: cuatro observaciones iniciales, ensayos permitidos y significado de ECU.	14
3.4. Comprensión: la devolución explica el cálculo equivocado y conserva las otras respuestas.	14
3.5. Exploración: la cantidad elegida determina qué ensayos se ejecutan.	14
3.6. Registro: la vista previa muestra las predicciones, manteniendo oculto el resultado de prueba.	15
3.7. Resultado individual: compare errores, costos y predicciones con las observaciones reveladas.	15
3.8. Cierre explícito con puntuación total y por ciclo.	16
5.1. Informe inicial: avance y descarga disponibles, agregados todavía bloqueados.	24
5.2. Histograma: frecuencias de ciclos individuales según su error de prueba.	24
5.3. Trayectoria: distinga datos de entrenamiento acumulados y pruebas del ciclo actual.	25
5.4. Dispersión: la distancia a la diagonal permite discutir dirección y magnitud del error.	25

Qué enseña esta actividad y cómo acceder

1.1 Una pregunta antes de una ecuación

Un modelo económico es una representación deliberadamente incompleta de una situación. Su utilidad depende de la pregunta que permite contestar, de los mecanismos que conserva y del ámbito en que sus conclusiones son defendibles. El primer objetivo de esta actividad es que el estudiante experimente esa relación antes de recibir una colección de ecuaciones terminadas. Observará resultados de un sistema artificial, elegirá información adicional, registrará una regla y conocerá después qué tan bien predice observaciones que todavía no había visto. La tarea convierte la construcción de modelos en una secuencia de decisiones verificables.

La familia no mide preferencias sociales ni enfrenta a dos jugadores. Cada participante trabaja de manera independiente. No necesita una pareja, no espera decisiones ajenas y no tiene un rival al que deba superar. El número de personas puede ser cualquier entero positivo. Los ciclos representan oportunidades para formular y revisar una explicación, no rondas de interacción estratégica. Por ello se ofrecen una aplicación breve con datos suministrados, una exploración con ensayos elegidos y una secuencia de tres ciclos con revisión. Esta organización permite utilizarla en introducción a la economía, metodología, microeconomía, macroeconomía y cursos de métodos cuantitativos.

El escenario inicial es un planeador virtual. Su ajuste de diseño se denomina X , una condición binaria se denomina Z y el resultado simulado se denomina Y . Las distancias se expresan en unidades de laboratorio. No son metros medidos en un avión ni resultados de un modelo aerodinámico validado. El contexto hace visible la distinción entre objeto y representación. En las extensiones de demanda y producción cambian los significados económicos de las variables, manteniendo el procedimiento de observación, formulación y evaluación. Conviene reservar esas comparaciones para después de comprender el funcionamiento básico.

Fundamento teórico

Una buena regla necesita una pregunta y un dominio de aplicación. Acertar un resultado observado no demuestra haber descubierto el mecanismo que lo produjo. La actividad permite enseñar esa diferencia; no certifica por sí sola una capacidad general de investigación ni un sesgo psicológico individual.

1.2 Ficha operativa

Propósito	Construir, registrar, evaluar y revisar modelos con datos artificiales.
Unidad experimental	Participante individual; resultados resumidos por persona y ciclo.
Versión básica	Datos suministrados, exploración de un ciclo y revisión durante tres ciclos.
Versión extendida	Trece extensiones sobre información, forma funcional, entorno, costos y aplicación económica.
Decisión	Elegir hasta dos ensayos por ciclo, una de cinco fórmulas y los coeficientes utilizados.
Resultado	Hasta 100 ECU por ciclo, según error predictivo y costos anunciados; sin dotación monetaria inicial.
Temas	construcción de modelos, diseño de experimentos, validación predictiva, variables omitidas, cambio estructural, complejidad y parsimonia.
Códigos JEL	A22, B41, C51, C52, C53, C91.
Participantes	Cualquier entero positivo; tres personas en la demostración predefinida.
Duración sugerida	25–35 minutos para un ciclo con discusión; 45–60 para revisión y una comparación.

Los tiempos son estimaciones docentes, no un cronómetro del programa. Una clase sin conocimientos de álgebra necesitará practicar la sustitución de valores y distinguir un coeficiente de una observación. Una clase avanzada puede dedicar menos tiempo a introducir la pantalla y más a identificar diseños informativos. El mismo ejercicio no tiene que utilizarse para enseñar simultáneamente estimación, causalidad, pronóstico y filosofía de la ciencia. Elija una pregunta principal y reserve las demás como transferencia al final de la sesión.

La puntuación usa ECU, sigla de *Experimental Currency Units*, o unidades de moneda experimental. En esta familia son puntos de desempeño y no un presupuesto que pueda gastarse en bienes. No se ha establecido una conversión a dinero real. Los ensayos disponibles son un recurso informativo: cuatro observaciones iniciales y, cuando el protocolo lo permite, hasta dos ensayos adicionales por ciclo. No hay un saldo de 100 ECU entregado al comienzo; 100 es el máximo de puntos brutos que puede generarse en un ciclo. Esta distinción debe explicarse expresamente para evitar importar las reglas del Dictador u otros juegos.

1.3 Del sitio del laboratorio a la sesión

Inicie en <https://beer-lab.org/>. Utilice la sección CLASE para acceder a <https://teaching.beer-lab.org/>. En la versión inglesa la sección correspondiente aparece como CLASSROOM. Busque la tarjeta Construcción de modelos económicos y revise idioma, edición y objetivo. La navegación y las imágenes de esta guía se comprobaron el 16 de octubre de 2026. La tarjeta sirve como punto de entrada; las decisiones se registran en la instancia del juego, no en el directorio general.

Las rutas estables para estudiantes son https://modelbuilding.beer-lab.org/room/modelos_es y https://modelbuilding.beer-lab.org/room/models_en para las ediciones básicas. Las extendidas son https://modelbuilding.beer-lab.org/room/modelos_extendido

y https://modelbuilding.beer-lab.org/room/models_extended. El acceso docente es <https://modelbuilding.beer-lab.org/demo>. Cada sala ofrece únicamente las configuraciones de su edición e idioma. Una sala básica presenta tres opciones; una extendida presenta catorce, incluida la referencia de revisión y las trece extensiones.

El docente entra con las credenciales proporcionadas por el laboratorio. Selecciona la configuración, define el número de participantes y crea una sesión nueva. La demostración es adecuada para explorar las pantallas; la sala estable es la dirección que se comparte con el grupo. El enlace individual pertenece a una persona dentro de una sesión concreta. El informe es una página privada de administración. Estos cuatro elementos tienen funciones diferentes y no deben intercambiarse al distribuir enlaces. Nunca proyecte una lista de códigos individuales junto con decisiones identificables.

La instancia aislada de esta familia contiene 34 configuraciones y cuatro salas. Si Demo o Rooms presenta otros juegos, detenga la preparación y consulte a la coordinación. Cambiar el idioma del portal no traduce una sesión ya creada: debe seleccionar la configuración inglesa o española correspondiente antes de iniciar. Los nombres de las salas y de las configuraciones son referencias operativas, mientras que los estudiantes reciben títulos de tarea y reglas, sin códigos internos de producción ni etiquetas que revelen la hipótesis del tratamiento.

Punto de verificación

Antes de que llegue el grupo, compruebe acceso docente, cuatro salas de esta familia, configuración e idioma correctos, número de participantes y descarga de una sesión ficticia. Envíe al alumnado la sala estable; conserve los enlaces administrativos para el equipo docente.

Si un enlace individual deja de funcionar después de reiniciar una base de datos, no basta con volver a abrirlo. La sesión y sus participantes deben existir en la base correspondiente. Cree una sesión nueva y distribuya sus accesos. Durante una clase no reinicie bases ni reutilice enlaces de pruebas anteriores. En la vista previa local cada familia utiliza su propia instancia; abrir la dirección de otra familia no sustituye la selección de una configuración dentro de esta. La coordinación controla el despliegue público y las credenciales de producción.



LO QUE HACEMOS

Figura 1.1: Sitio del laboratorio: la sección CLASE conduce a los materiales docentes.

DOCENTES Y ESTUDIANTES

Experimentos en clase

Juegos de economía experimental para actividades y discusión en clase. Entra al juego que te indique tu profesor o profesora.

Docentes: cómo usar estos juegos en tu clase o proponer uno nuevo → [guía para docentes](#)
 Investigación del laboratorio: beer-lab.org/investigacion

Buscar por título, tema, palabra clave o código JEL...

Tema ▼ Código JEL ▼ 150 juegos

Disciplina electoral y selección de gobernantes

Estudiar cómo la posibilidad de continuar en el cargo modifica la conducta de un gobernante y cómo la información permite elegir entre políticos de tipos distintos. Básica: Un encuentro o cuatro encuentros, con grupo fijo o reasignado. Extendida: Ocho tratamientos sobre continuidad, información, tipos, valor del cargo, límite de mandato y auditoría.

disciplina electoral · rendición de cuentas · selección política

corrupción · información · economía política

JEL A22 · C92 · D72 · D73

Dirección: [accountability-beer-lab.org](#)

Demanda agregada y oferta agregada

Comprender cómo las decisiones de gasto se agregan en demanda y cómo el equilibrio con la oferta fija producción y precios. Básica: Una ronda, diez periodos con la misma economía o diez periodos con economías reasignadas. Extendida: Expansión y contracción de demanda, shock de oferta, estímulo fiscal, capacidad, expectativas y coordinación.

demanda agregada · oferta agregada · nivel de precios

producto potencial · expectativas macroeconómicas

JEL A22 · C92 · E12 · E31 · E32

Dirección: [adac-beer-lab.org](#)

Figura 1.2: Directorio docente: busque la tarjeta de la familia y seleccione su idioma.

Demo

[ES] Construcción de modelos económicos — Básico — Entorno estable · 1 ciclo(s) · Datos suministrados	Construcción de modelos económicos / Economic Model Building — BEER Lab Seleccione una variante de este juego. Select a version of this game.
[ES] Construcción de modelos económicos — Básico — Entorno estable · 1 ciclo(s) · Ensayos elegidos por el participante	
[ES] Construcción de modelos económicos — Básico — Entorno estable · 3 ciclo(s) · Ensayos elegidos por el participante	
[ES] Construcción de modelos económicos — Extendido — Entorno estable · 3 ciclo(s) · Ensayos elegidos por el participante	
[ES] Construcción de modelos económicos — Extendido — Variación moderada en los resultados · 3 ciclo(s) · Ensayos elegidos por el participante	
[ES] Construcción de modelos económicos — Extendido — Variación alta en los resultados · 3 ciclo(s) · Ensayos elegidos por el participante	
[ES] Construcción de modelos económicos — Extendido — Relación no lineal · 3 ciclo(s) · Ensayos elegidos por el participante	
[ES] Construcción de modelos económicos — Extendido — Condición relevante · 3 ciclo(s) · Ensayos elegidos por el participante	
[ES] Construcción de modelos económicos — Extendido — Interacción entre variables · 3 ciclo(s) · Ensayos elegidos por el participante	
[ES] Construcción de modelos económicos — Extendido — Datos iniciales correlacionados · 3 ciclo(s) · Ensayos elegidos por el participante	
[ES] Construcción de modelos económicos — Extendido — Predicción fuera del rango inicial ·	

Figura 1.3: Demo de la instancia aislada: el fragmento muestra configuraciones de construcción de modelos.

Rooms

Current rooms:

[ES] Construcción de modelos económicos — Básico
[ES] Construcción de modelos económicos — Extendido
[EN] Economic Model Building — Basic
[EN] Economic Model Building — Extended

Figura 1.4: Rooms contiene cuatro salas de la misma familia.

Room: [ES] Construcción de modelos económicos — Básico

Create a new session

Session Config

[ES] Construcción de modelos económicos — Básico — Entorno estable · 1 ciclo(s) · Datos suministrados

Number of participants

Decisiones individuales: se admite cualquier número positivo de participantes.

Create

[Configure session](#) 

App sequence

model_building_game (3 rounds)

0 participants present

Start links

These URLs will stay constant for new sessions, even if the database is recreated.

Room-wide URL

Here is the room-wide URL anyone can use. Don't use this link when testing in multiple tabs on the same browser, because all tabs will be assigned to the same participant, using a cookie.

http://127.0.0.1:8188/room/modelos_es

Figura 1.5: Sala básica en español: seleccione el protocolo antes de crear la sesión.

Fundamentos y ejemplos para explicar el modelo

2.1 Variables, supuestos y forma funcional

Una variable es una característica que puede tomar distintos valores. En el planeador virtual, X es un ajuste que el participante puede elegir entre los enteros de cero a diez. Z identifica dos condiciones, cero y uno. Y es el resultado que interesa predecir. Elegir un valor de X no equivale a elegir directamente Y : el sistema genera este último mediante una regla que permanece oculta durante la tarea. La distinción permite hablar de variables de decisión, condiciones del entorno y resultados sin presuponer que el estudiante conoce esos términos.

Una forma funcional especifica cómo se relacionan las variables dentro de una representación. El menú ofrece cinco posibilidades: constante, lineal, cuadrática, dos variables aditivas e interacción. La constante escribe $\hat{Y} = a$. La lineal escribe $\hat{Y} = a + bX$. La cuadrática añade cX^2 . La aditiva escribe $\hat{Y} = a + bX + cZ$. La interacción añade dXZ a esta última. El símbolo sobre Y indica una predicción, no una observación. Todos los coeficientes son elegidos por el participante y pueden estar entre -200 y 200 . La plataforma no estima automáticamente una regresión.

El intercepto a es la predicción cuando los términos restantes valen cero. En la fórmula lineal, b es la variación predicha de Y cuando X aumenta una unidad. En la aditiva, c es la diferencia entre las condiciones uno y cero, manteniendo fijo X . En la cuadrática, c tiene otra función: modifica la curvatura. El mismo nombre de coeficiente ocupa un lugar diferente según la fórmula seleccionada. Antes de registrar el modelo, el estudiante debe revisar la fórmula completa y la vista previa; recordar solo una lista de letras suele producir errores de interpretación.

En la interacción, la diferencia entre condiciones es $c + dX$. Por ello no existe un único efecto de Z independiente de X , salvo que $d = 0$. El aumento marginal asociado con X también cambia entre condiciones: es b cuando $Z = 0$ y $b + d$ cuando $Z = 1$. Este ejemplo permite introducir heterogeneidad de efectos sin afirmar que cualquier diferencia de promedios demuestra una interacción. La tarea exige observar comparaciones relevantes y representar la diferencia en una regla que produzca predicciones concretas.

2.2 Resolver la referencia estable

La función artificial de referencia es $Y = 20 + 4X$. Esta información se reserva para el docente hasta el feedback. Las cuatro observaciones iniciales incluyen $(X, Y) = (1, 24), (3, 32), (6, 44), (8, 52)$. Las condiciones alternan entre cero y uno, pero no afectan el resultado en esta referencia. Entre $X = 1$ y $X = 3$, el resultado aumenta ocho unidades cuando el ajuste aumenta dos: la pendiente

es $8/2 = 4$. Sustituir el primer punto permite obtener $a = 24 - 4 = 20$. El modelo lineal con esos coeficientes predice exactamente los resultados en ausencia de ruido.

Para $X = 5$, la predicción es $20 + 4(5) = 40$. Un modelo constante de 40 coincide con ese resultado particular y falla en otros. Para $X = 2$ predice 40 cuando el resultado es 28; para $X = 9$ sigue prediciendo 40 cuando el resultado es 56. El ejemplo muestra por qué acertar el promedio o un punto central no equivale a representar una relación. También permite distinguir el nivel de la función de su pendiente: aumentar el intercepto desplaza todas las predicciones por igual; cambiar la pendiente altera las diferencias entre valores de X .

Un docente puede resolver esta referencia después de recoger decisiones o utilizar una sesión de práctica separada para enseñar el manejo de coeficientes. Si muestra la solución antes de la actividad principal, la tarea pasa a evaluar ejecución de una regla conocida. Eso puede ser útil en un curso introductorio, pero ya no permite interpretar las decisiones como búsqueda espontánea de un modelo. Registre en sus notas qué información proporcionó oralmente, porque la instrucción adicional cambia el significado de las respuestas aun cuando la configuración del servidor sea idéntica.

Lo que verá el participante

La instrucción verbal mínima es: “Observe qué cambia y qué permanece igual. Registre una regla que permita calcular resultados nuevos. La plataforma evalúa las predicciones de esa regla; no tiene que adivinar el nombre de una teoría”. No anuncie la función verdadera antes de la decisión.

2.3 Entrenamiento, prueba y revisión

Los datos de entrenamiento son las cuatro observaciones iniciales más los ensayos elegidos hasta ese momento. Sirven para construir y revisar la regla. Las pruebas son tres observaciones del ciclo actual cuyos valores de X y Z se muestran al registrar el modelo, mientras que sus resultados Y permanecen ocultos. La evaluación calcula primero las predicciones de la fórmula registrada y después revela esos resultados. El participante no escribe tres pronósticos independientes: escribe una regla común que genera los tres. Esta restricción hace visible la coherencia interna de una representación.

El diseño de las pruebas no se repite como conjunto a lo largo de los tres ciclos. Los resultados revelados no se añaden automáticamente al entrenamiento, aunque el estudiante puede recordarlos y aprender de ellos. Por ello las pruebas posteriores son nuevas observaciones, pero no constituyen una evaluación externa totalmente libre del aprendizaje previo. Además, en el protocolo activo alguien puede elegir ensayos que coincidan con condiciones de evaluación. Eso es una estrategia informativa permitida, no una filtración del sistema. La guía no presenta los resultados como una competencia formal de pronóstico con un conjunto secreto de validación intocable.

La revisión es valiosa cuando responde a evidencia identificable. Cambiar todos los coeficientes después de un resultado negativo no demuestra que se haya reconocido una causa. Para el feedback, pida que cada estudiante señale qué observación motivó el cambio y qué predicción del nuevo modelo difiere de la anterior. La exportación conserva fórmulas, coeficientes y pruebas por ciclo, de modo que puede reconstruirse esa comparación. Un descenso del error también puede reflejar una nueva muestra de pruebas más sencilla. La evolución es descriptiva; no mide aprendizaje causal sin un diseño adicional.

2.4 Error y puntuación, paso a paso

Para cada prueba se calcula $e_j = \hat{Y}_j - Y_j$. Un error positivo indica sobrepredicción; uno negativo indica subpredicción. El resumen utiliza

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2}{3}}.$$

Elevar al cuadrado evita que errores positivos y negativos se cancelen. Dividir por tres produce el promedio de los errores cuadrados. La raíz devuelve la medida a las unidades originales de Y . El denominador es tres pruebas dentro de un ciclo individual, no tres estudiantes. El error de entrenamiento usa la misma operación sobre todas las observaciones de entrenamiento disponibles y puede tener otro denominador.

Si los errores son cinco, cinco y cinco, el RMSE es cinco. La puntuación bruta es $\max\{0, 100 - 2(5)\} = 90$ ECU. Si los errores son cero, cero y quince, el RMSE es $\sqrt{225/3} = 8,66$ y la puntuación bruta es aproximadamente 82,68 ECU. Aunque el error absoluto promedio es cinco en ambos ejemplos, el segundo recibe menos puntos porque concentra un error grande. La regla enseña qué consecuencias tiene elegir una función de pérdida. No debe afirmarse que es la única manera correcta de valorar un pronóstico económico.

La puntuación neta resta el costo de los ensayos elegidos y, cuando corresponde, el costo de parámetros adicionales. Se aplica nuevamente un límite inferior de cero y se redondea a dos decimales. Si la puntuación bruta es 90 y se eligieron dos ensayos que cuestan tres ECU cada uno, el resultado neto es 84 ECU. Las versiones ordinarias tienen ambos costos en cero. La puntuación total suma los ciclos activos: el máximo es 100 en una sesión breve y 300 en una sesión de tres ciclos. No se comparen esas sumas sin ajustar por la distinta exposición.

2.5 Diseñar una comparación informativa

Elegir ensayos es decidir qué evidencia se desea obtener. Dos observaciones con el mismo X y distinto Z ayudan a separar la condición del ajuste. Dos observaciones con el mismo Z y distinto X ayudan a estudiar la relación con el ajuste. Repetir exactamente la combinación permite comprobar variación de resultados cuando existe ruido. Explorar un extremo puede distinguir una recta de una curva que coinciden cerca del centro. Ninguna de estas estrategias es universalmente superior: su valor depende de las hipótesis que todavía sean plausibles y de los costos de observar.

Por ejemplo, con los modelos $20 + 4X$ y $20 + 8X - 0,6X^2$, las predicciones para $X = 0$ coinciden en 20, pero para $X = 10$ difieren: 60 y 40. Un ensayo en cero no los distingue en ausencia de otros factores; uno en diez sí puede hacerlo. Pedir al alumno que escriba primero ambas predicciones transforma “voy a probar algo” en una justificación explícita del diseño. Esta práctica puede trasladarse al análisis de una demanda, una función de producción o una evaluación de política, sin sostener que el pequeño simulador reproduzca sus problemas de identificación reales.

Atención

Los datos iniciales correlacionados no convierten por sí solos una pendiente estimada en un efecto causal. El simulador permite elegir condiciones adicionales, pero los datos de una economía real pueden tener restricciones, selección y mecanismos de equilibrio ausentes aquí. La transferencia metodológica requiere nombrar esas diferencias.

Preparar y conducir el recorrido

3.1 Decisiones previas del docente

Comience por definir si desea enseñar lectura de una relación, diseño de información o revisión. Para lectura, seleccione datos suministrados: una tabla pequeña y un único registro de modelo permiten dedicar la mayor parte de la clase a interpretar coeficientes. Para diseño, seleccione exploración de un ciclo: el estudiante añade cero, uno o dos ensayos antes de registrar la regla. Para revisión, seleccione tres ciclos: las observaciones elegidas se acumulan y el alumno puede cambiar la fórmula después de recibir resultados. Las tres modalidades básicas comparten la función estable y permiten cambiar la complejidad operativa sin introducir un mecanismo estratégico.

Prepare una sesión de prueba con participantes ficticios. Recorra la portada, las instrucciones, la comprensión y el formulario. Registre deliberadamente una respuesta equivocada de comprensión para comprobar que aparece una explicación vinculada a esa pregunta y que las otras respuestas se conservan. El error de puntuación explica el cálculo $100 - 2 \times 5 = 90$; el error sobre ensayos remite al máximo del protocolo; el error sobre revelación recuerda que primero se registra el modelo. Corregir estas respuestas no descuenta puntos. No convierta la comprobación en un examen de estadística: el objetivo es que las reglas operativas queden claras.

Defina si se permitirá calculadora o una hoja de trabajo. La plataforma calcula las predicciones a partir de los coeficientes, pero no descubre estos últimos por el participante. Para estudiantes sin experiencia, entregue una hoja con la fórmula vacía, una columna para sustituir X y otra para comparar con Y . Si permite hojas de cálculo, establezca la misma regla para todo el grupo y registre esa decisión. El menú no implica que se deba realizar una regresión; una recta puede obtenerse con diferencias y una revisión puede justificarse con comparaciones simples.

Explique cómo se manejarán dudas individuales. Un estudiante que se detiene en comprensión puede necesitar recordar qué significa “antes de costos”, mientras que otro puede haber confundido el número de ciclos con el número de ensayos. Atienda la regla concreta sin revelar la función verdadera. Mantenga el silencio y evite que una solución circule entre estaciones. Si utiliza la actividad como práctica colaborativa, hágalo en una sesión distinta y declare esa modificación: la implementación ordinaria registra decisiones individuales y sus resultados no deben describirse como respuestas de equipos.

3.2 Lo que ve cada participante

La bienvenida presenta el logotipo del laboratorio, su propósito institucional y las reglas de trabajo. El estudiante confirma que las ha leído. Las instrucciones identifican las variables, los recursos y la puntuación. El recuadro de recursos está dentro del cuerpo de la página, no solamente en una esquina. Distingue cuatro observaciones iniciales, ensayos adicionales y puntos posibles. Después

se presenta la comprensión. Solo cuando las respuestas son correctas comienza el protocolo de observación o exploración. No hay una página de espera porque ninguna decisión depende de otra persona.

En exploración, la tabla muestra los datos disponibles y el origen de cada fila. El estudiante indica cuántos ensayos desea y completa únicamente los campos pertinentes. Si elige cero, los otros campos se ignoran; si elige uno, solo se ejecuta el primero. Es válido repetir una combinación o seleccionar condiciones distintas. El programa no cobra por campos no utilizados. Un ensayo elegido necesita un entero entre cero y diez para X y una condición válida para Z . Cuando hay un error, la persona puede corregir ese campo sin volver a escribir el resto del formulario.

El registro del modelo vuelve a mostrar la tabla, incluidos los ensayos ya ejecutados. El participante selecciona la forma y los coeficientes que esa forma utiliza. Los coeficientes no utilizados no afectan predicciones ni pagos. La vista previa contiene los tres pares de condiciones de prueba y sus predicciones calculadas. El resultado todavía no aparece. Antes de continuar, debe revisar si esa regla expresa su intención. Cambiar solo el nombre de la fórmula puede modificar el significado de c ; una intervención docente útil consiste en pedir que lea en voz baja la fórmula completa antes de enviarla.

El resultado del ciclo presenta la fórmula, los coeficientes efectivos, ambos errores, costos y puntos. La tabla permite reconstruir los tres errores de prueba. Continuar abre el ciclo siguiente o el cierre, según el horizonte elegido. La pantalla final confirma que la actividad se completó y muestra la puntuación total y por ciclo. No debe pulsarse repetidamente para buscar otra pantalla. El grupo espera la discusión del docente, quien decide cuándo revelar los agregados desde su panel privado.

Para el docente

Antes del primer envío, recuerde que el botón registra una fórmula común para las tres pruebas. No sugiera qué fórmula elegir. Después del envío, use la tabla de resultados para aclarar el cálculo; no cambie retrospectivamente una decisión porque produjo un error alto.

3.3 Problemas operativos frecuentes

Si una persona no puede continuar, revise primero el campo señalado. Los decimales pueden mostrarse con coma en español y punto en inglés; la vista previa reconoce esa presentación. Un campo vacío requerido por la fórmula no equivale a cero. En cambio, un coeficiente no utilizado puede quedar vacío sin cambiar el cálculo. Si aparece un formulario que solicita pareja, o un requisito de participantes pares, la sesión no corresponde a esta actividad individual. Verifique la familia y la configuración antes de intentar resolverlo cambiando artificialmente el tamaño del grupo.

Si el informe permanece bloqueado, actualícelo y revise los ciclos pendientes. La revelación espera que todas las personas completen el horizonte previsto. Una persona que abandonó la sesión puede impedir esa condición; no interprete el bloqueo como ausencia de decisiones ya registradas. La descarga privada sigue incluyendo estados parciales. Para una discusión anticipada puede utilizar el archivo de datos de acuerdo con la política del laboratorio, sin exponer códigos individuales en el proyector. No se ha programado una exclusión automática de quienes tardan más.

El siguiente conjunto de imágenes muestra estados diferentes del recorrido. Las capturas de formularios se concentran en el panel relevante para conservar legibilidad. Las cifras pertenecen a sesiones ficticias y no son resultados empíricos de estudiantes del laboratorio. Las pantallas inglesas de la otra versión proceden de una sesión inglesa; no son imágenes españolas con pies traducidos. La plantilla, el mecanismo y los gráficos son comunes a ambos idiomas.

Create session

Tip: consider creating your session in a [Room](#), for more stable start links that are not opened accidentally.

Session Config

[ES] Construcción de modelos económicos — Básico — Entorno estable · 3 ciclo(s) · Ensayos elegidos por el participante

Number of participants

3

Decisiones individuales: se admite cualquier número positivo de participantes.

Create

[Configure session](#) ⚙️

App sequence

model_building_game (3 rounds)

Figura 3.1: Creación de sesión: seleccione el protocolo y el número de personas.



Bienvenido al BEER Lab

El Behavioral and Experimental Economics Research Lab del Departamento de Economía del Tecnológico de Monterrey es un espacio diseñado para aprender sobre la toma de decisiones económicas mediante actividades controladas.

Antes de comenzar

- Mantenga silencio y no se comunique con otros participantes.
- Trabaje de forma individual y privada; sus resultados no dependen de otras personas.
- Siga las instrucciones de la pantalla. No actualice, cierre ni abandone la página.
- Si necesita ayuda, levante la mano y consulte al personal en privado.

☐ He leído estas instrucciones y acepto seguirlas.

Continuar

Figura 3.2: Bienvenida: el estudiante lee las reglas y confirma antes de comenzar.

Recursos y puntuación

Dispone de cuatro observaciones iniciales y hasta dos ensayos adicionales por ciclo. Puede elegir cero, uno o dos ensayos. No tiene una dotación monetaria inicial ni necesita otra persona.

Cada ensayo elegido cuesta 0 ECU. Cada parámetro por encima de dos cuesta 0 ECU por ciclo. Los coeficientes nulos también cuentan si su fórmula los incluye.

ECU significa unidades de moneda experimental (Experimental Currency Units). Aquí expresan puntos de desempeño; no se ha establecido una conversión a dinero real.

Ciclos previstos: **3**

Figura 3.3: Recursos: cuatro observaciones iniciales, ensayos permitidos y significado de ECU.

¿Cuántos ensayos adicionales como máximo puede elegir por ciclo?

Si los tres errores son 5, ¿cuántos ECU obtiene antes de costos?

Tu respuesta: 95. La respuesta correcta es 90. $RMSE = \sqrt{((25 + 25 + 25)/3)} = 5$; $100 - 2 \times 5 = 90$ ECU antes de costos.

¿Cuándo podrá conocer los tres resultados de prueba?

- ☒ Después de registrar el modelo
☐ Antes de registrar el modelo

Figura 3.4: Comprensión: la devolución explica el cálculo equivocado y conserva las otras respuestas.

Número de ensayos adicionales en este ciclo (0, 1 o 2)

Primer ensayo

Valor X (entero de 0 a 10)

Condición Z

- ☐ 0
☐ 1

Segundo ensayo

Valor X (entero de 0 a 10)

Condición Z

- ☐ 0
☐ 1

Figura 3.5: Exploración: la cantidad elegida determina qué ensayos se ejecutan.

Fórmula

Lineal: $Y = a + bX$ ▼

Coefficiente A (entre -200 y 200)

25

Coefficiente B (entre -200 y 200)

4

Coefficiente C (entre -200 y 200)

0

Coefficiente D (entre -200 y 200)

0

Predicciones que se registrarán

El resultado Y permanece oculto hasta que continúe.

X	Z	Predicción
2	1	33
5	0	45
9	1	61

Figura 3.6: Registro: la vista previa muestra las predicciones, manteniendo oculto el resultado de prueba.

Lineal: $Y = a + bX$

$a = 25, b = 4, c = 0, d = 0$

Error en datos de entrenamiento (RMSE)	5
Error en pruebas nuevas (RMSE)	5
Puntos antes de costos	90 ECU
Costo de ensayos	0 ECU
Costo de parámetros	0 ECU
Puntuación neta	90 ECU

Predicciones que se registrarán

X	Z	Predicción	Y	Predicción - resultado
2	1	33	28	5
5	0	45	40	5
9	1	61	56	5

Figura 3.7: Resultado individual: compare errores, costos y predicciones con las observaciones reveladas.

Actividad completada

Sus respuestas quedaron registradas. Espere las indicaciones del docente para la discusión. Esta pantalla es el cierre de la actividad.

Puntuación total: 290 ECU

Ciclo	ECU
1	90
2	100
3	100

Figura 3.8: Cierre explícito con puntuación total y por ciclo.

Extensiones y comparaciones pedagógicas

4.1 Cómo elegir una comparación

Las trece extensiones mantienen los elementos comunes de acceso y registro. Cada una cambia un componente identificable del problema. No es necesario utilizar todas en un curso ni presentar una guía diferente para cada tratamiento. Seleccione una referencia y una extensión que respondan a la pregunta de su clase. Las extensiones se ofrecen en tres ciclos y con ensayos activos, de modo que la comparación debe usar la referencia básica de revisión cuando se quiera conservar el horizonte y el protocolo. Comparar una extensión de tres ciclos con observación de un ciclo confunde información, práctica y tratamiento.

Los mecanismos siguientes son adaptaciones de BEER Lab para enseñar construcción y evaluación de representaciones. La motivación general remite a las referencias metodológicas de esta guía; ninguna constituye una réplica exacta de un tratamiento del artículo de aviones de papel. Las predicciones describen el sistema artificial, no regularidades estimadas del comportamiento de estudiantes. Una elección compatible con una explicación no demuestra que esa haya sido la razón de la persona. Pida argumentos y utilice las observaciones de la clase como punto de partida para el análisis.

4.2 Variación moderada y alta de resultados

La relación central sigue siendo $20 + 4X$, pero se añade una perturbación uniforme entre -3 y 3 , o entre -10 y 10 , según la configuración. Los resultados se redondean a dos decimales. Repetir el mismo ensayo puede producir valores distintos. La predicción de referencia es la media condicional; incluso una fórmula con los coeficientes centrales correctos suele tener error realizado distinto de cero. El objetivo es distinguir una desviación transitoria de un cambio en la relación. No se debe presentar un punto fuera de la recta como prueba automática de que el modelo es inútil.

Observe el histograma de RMSE, la dispersión entre predicción y resultado y los cambios de coeficientes. Mayor dispersión es compatible con más ruido, pero una muestra pequeña puede producir un orden diferente entre sesiones. Pregunte qué ensayo permitiría comprobar estabilidad: repetir una combinación o cambiar simultáneamente todos los elementos. La primera opción separa mejor variación bajo condiciones constantes. La evidencia de la clase ilustra el problema de aprender con observaciones imperfectas; no permite identificar una distribución subjetiva de creencias ni estimar una aversión a la incertidumbre.

4.3 Relación no lineal

La función pasa a $Y = 20 + 8X - 0,6X^2$. El coeficiente negativo del término cuadrático hace que el aumento por una unidad adicional de X disminuya con el nivel. Una recta puede aproximar un tramo y fallar fuera de él. Por ejemplo, $Y = 20$ cuando $X = 0$, $Y = 45$ cuando $X = 5$ y $Y = 40$ cuando $X = 10$. El resultado no aumenta indefinidamente con el ajuste. La fórmula cuadrática disponible puede representar exactamente esta relación sin ruido.

Pida comparar las predicciones de una recta y una curva en un mismo punto, antes de mirar el resultado. En el informe, busque errores de prueba elevados aunque el ajuste inicial parezca razonable y observe cuándo cambia la forma seleccionada. No todo cambio hacia una cuadrática es una mejora: los coeficientes también deben ser adecuados. Tampoco un participante que mantiene una recta necesariamente ignora la curvatura; puede estar usando una aproximación consciente. La discusión debe conectar dominio de aplicación, simplicidad y costo de equivocarse, sin convertir el nombre de la fórmula en una respuesta correcta universal.

4.4 Condición relevante

La función es $Y = 20 + 4X + 12Z$. A igual ajuste, cambiar de condición cero a uno aumenta el resultado doce unidades. La fórmula lineal en X omite esa diferencia; la aditiva puede representarla. Comparar dos observaciones con distinto X y distinto Z no permite leer directamente el efecto de cada componente. La posibilidad de elegir ensayos hace viable mantener un elemento fijo mientras cambia el otro. Esa operación es el foco pedagógico, más que memorizar la etiqueta “variable omitida”.

La predicción numérica para $X = 5$ es 40 con condición cero y 52 con condición uno. Pregunte qué observaciones necesitaría alguien que todavía atribuye toda diferencia al ajuste. En los datos, examine la inclusión de Z , los coeficientes y la reducción del error de prueba; el conteo de modelos por sí solo no muestra si el efecto fue comprendido. Un modelo con interacción puede ser igualmente exacto si asigna cero a su término adicional. Eso permite discutir que una representación más amplia puede contener otra como caso particular, sin requerir siempre una complejidad mayor.

4.5 Interacción entre variables

Ahora $Y = 20 + 2X + 12Z + 3XZ$. La condición modifica tanto el nivel como la respuesta al ajuste. Con $Z = 0$, la pendiente es dos; con $Z = 1$, es cinco. Para $X = 2$, la diferencia entre condiciones es dieciocho; para $X = 8$, es treinta y seis. Un efecto fijo de doce no representa ambos casos. El tratamiento permite enseñar por qué una comparación realizada en un único nivel no basta para generalizar un efecto homogéneo.

Proponga diseñar cuatro observaciones: dos niveles del ajuste en cada condición. Esa estructura permite contrastar diferencias entre pendientes. El alumno dispone de pocos ensayos, por lo que también debe utilizar cuidadosamente las observaciones iniciales. Observe en el informe la elección de la forma de interacción y contraste los coeficientes registrados en la exportación. Pregunte qué predice el modelo para una combinación todavía no examinada. Un buen desempeño de una fórmula flexible es compatible con haber captado la interacción; no demuestra que el estudiante pueda identificar interacciones causales en datos observacionales reales.

4.6 Datos iniciales correlacionados

La regla verdadera es la aditiva, pero los valores iniciales altos de X aparecen con $Z = 1$ y los bajos con $Z = 0$. Esa asociación facilita atribuir a una variable parte de la diferencia relacionada con la otra. No hay una identidad matemática perfecta entre ambas variables; el problema consiste en una comparación inicial poco equilibrada. Los ensayos adicionales pueden romper la asociación seleccionando un ajuste bajo en condición uno o un ajuste alto en condición cero. El simulador permite esa intervención de manera directa.

La pregunta de feedback es qué dato distinguiría dos explicaciones que describen de modo parecido la tabla inicial. Compare la distribución de ensayos, no solo el promedio de puntos. Una reducción del error tras observar condiciones cruzadas es consistente con una mejor separación de componentes. Aun así, la actividad no implementa un experimento de política con asignación aleatoria entre ciudadanos. Distinga el control de variables dentro del simulador, la selección voluntaria de ensayos y la identificación causal en una población externa. Las referencias de búsqueda de hipótesis motivan la discusión, no un diagnóstico de sesgo individual.

4.7 Predicción fuera del rango inicial

Se usa la relación cuadrática, pero las cuatro observaciones iniciales están entre uno y cuatro. Las primeras pruebas utilizan valores superiores a cuatro y los siguientes ciclos evalúan otras combinaciones en ese rango alto. Una aproximación lineal que parece adecuada al inicio puede fallar cuando se transporta a otra región. El alumno puede elegir ensayos en todo el intervalo de cero a diez. Por tanto, la extrapolación se refiere al rango inicial; deja de ser extrapolación respecto de todos sus datos si decide explorar los valores altos antes del registro.

Esta precisión es central para interpretar resultados. No etiquete cada error de prueba como “error de extrapolación” sin revisar los ensayos realmente elegidos. Pida señalar el menor y mayor ajuste observado antes del modelo y ubicar las pruebas dentro o fuera de ese intervalo. En la exportación, la tabla acumulada permite reconstruirlo. Discuta qué información debería recopilar una autoridad antes de aplicar una política a una escala nunca observada. El vínculo económico es una analogía de transporte de predicciones; la función del planeador no estima los efectos de esa política.

4.8 Cambio del entorno

La referencia estable recibe un desplazamiento de quince unidades a partir del segundo ciclo. El programa anuncia que el entorno se actualizó, sin revelar la magnitud del cambio. Las observaciones anteriores siguen visibles con su etiqueta de ciclo y los nuevos ensayos corresponden al entorno vigente. Un modelo con intercepto 20 y pendiente cuatro era exacto en el primer ciclo; después necesita intercepto 35 para predecir la media de la nueva relación. La pendiente no cambia. Los datos acumulados contienen por tanto observaciones de dos regímenes.

El RMSE de entrenamiento mezcla ambos regímenes, mientras que la prueba evalúa solo el actual. Un modelo actualizado puede predecir bien y tener error de entrenamiento sobre los datos antiguos. No llame a ese patrón sobreajuste sin revisar la composición temporal. Pregunte qué parte de la regla conviene modificar y qué parte puede conservarse. La actualización está anunciada: no se reproduce una ruptura inesperada ni se mide detección de cambios sin aviso. El mecanismo es útil para discutir estabilidad de supuestos y revisión selectiva, manteniendo explícita esa diferencia.

4.9 Condición sin efecto

Esta extensión conserva $Y = 20 + 4X$ y hace explícita, en la selección docente, la pregunta sobre una condición irrelevante. En términos de mecanismo coincide con la referencia: no introduce un efecto adicional ni una muestra diferente por el mero nombre. Su utilidad es curricular, para organizar una comparación con condición relevante o interacción. No debe tratarse como una intervención independiente que altera resultados. Las pantallas del participante no anuncian que Z carece de efecto.

Examine si se asignan coeficientes distintos de cero a la condición y si esos términos cambian durante la revisión. Una coincidencia inicial puede llevar a una conjetura que luego se corrige. Sin ruido, comparaciones adecuadas permiten identificar que los resultados no cambian al variar solo Z . No concluya que incluir una variable redundante siempre empeora predicciones: con coeficiente cero produce exactamente la misma función. La diferencia entre representación equivalente y costo de complejidad se introduce en la extensión siguiente. La lección metodológica es justificar la inclusión de variables por su función, no por su disponibilidad en la tabla.

4.10 Costo de complejidad

Se añade ruido moderado y un costo de dos ECU por parámetro por encima de dos. Una constante utiliza uno; una recta, dos; una cuadrática o aditiva, tres; la interacción, cuatro. Por ello los costos son cero, cero, dos, dos y cuatro ECU, respectivamente. Un parámetro sigue contando aunque el coeficiente elegido sea cero. Se cobra por la estructura registrada, no por el número de coeficientes distintos de cero. La regla se anuncia antes de decidir y no representa AIC, BIC ni un criterio estadístico estimado.

Compare esta configuración con variación moderada, que conserva el mismo ruido sin penalizar parámetros. Una fórmula más compleja necesita reducir el error lo suficiente para compensar el costo. Si disminuye el RMSE en dos unidades, mejora cuatro puntos brutos; una interacción frente a una recta consume esa diferencia completa mediante su costo de cuatro. Compare tanto error como puntuación neta, porque una menor puntuación no implica necesariamente una peor predicción. El tratamiento permite debatir parsimonia y objetivos, pero la penalización es una convención docente. No use el ranking resultante para afirmar que un modelo verdadero debe tener siempre el menor número de parámetros.

4.11 Costo de experimentar

Se añade ruido moderado y cada ensayo elegido cuesta tres ECU. El estudiante puede seleccionar cero, uno o dos; los costos correspondientes son cero, tres y seis. Las observaciones iniciales son gratuitas. Los costos se aplican en cada ciclo y se restan de los puntos brutos de ese ciclo, con límite inferior cero. No hay préstamo, deuda ni presupuesto transferido entre ciclos. La comparación apropiada es con variación moderada, que conserva el mismo ruido sin cobrar ensayos; no con la referencia sin ruido. Señale cualquier otra diferencia de configuración.

Una mejora del RMSE de una unidad vale dos puntos brutos. Un ensayo de tres ECU necesita generar una mejora suficiente en expectativa para compensar ese costo; conocer el resultado realizado después no reconstruye la expectativa inicial. Pregunte qué incertidumbre pretendía resolver cada ensayo y si una repetición aportaba algo diferente de un punto nuevo. La plataforma no calcula el valor esperado de información de las creencias del estudiante. El informe permite observar elecciones y desempeño; la interpretación económica exige distinguir costo conocido, beneficio incierto y evaluación retrospectiva.

4.12 Aplicaciones a demanda y producción

En demanda, X se interpreta como precio por unidad, Z como ausencia o presencia de una campaña y Y como unidades demandadas. La función artificial es $100 - 4X + 12Z$. A campaña constante, aumentar el precio una ECU reduce la demanda cuatro unidades; activar la campaña desplaza la relación doce unidades. El resultado no es un beneficio y el estudiante no elige un precio para maximizar ganancias. Construye una regla para predecir cantidades. Esta precisión evita convertir la extensión en una versión incompleta del juego de monopolio ya disponible en la plataforma.

En producción, X son unidades de insumo y Y unidades producidas, con $20 + 8X - 0,6X^2$. La relación permite discutir producto marginal decreciente y, en el extremo del intervalo, efectos negativos de aumentar el insumo. No hay precio del producto, costo económico del insumo ni decisión óptima de empresa programada. Pregunte qué datos adicionales serían necesarios para pasar de una función de producción a una elección de beneficios. Ambas extensiones hacen explícita la transferencia de una herramienta metodológica a un contenido económico; sus números son diseños artificiales y no estimaciones de mercados o tecnologías reales.

Literatura y alcance de la adaptación

Geerling, Mateer y O’Roark proponen usar aviones de papel para enseñar construcción y evolución de modelos. Aquí se conserva la idea de contrastar representaciones con resultados, mediante un entorno digital original con funciones artificiales y puntuación explícita. No se replica su experimento físico ni se atribuyen a ese artículo las trece extensiones programadas. Klahr y Dunbar estudian la búsqueda entre hipótesis y experimentos; esa perspectiva ayuda a ordenar la discusión de decisiones informativas. Box ofrece un marco para discutir revisión y parsimonia. Estas referencias motivan aspectos metodológicos; los ejemplos numéricos y mecanismos de esta plataforma son adaptaciones docentes propias.

La clase no genera una réplica de resultados publicados sobre aprendizaje. Un grupo que mejora su puntuación no demuestra la eficacia general de una pedagogía, y uno que no mejora no invalida el uso de modelos. Para evaluar aprendizaje serían necesarios objetivos medidos antes y después, comparación apropiada y control del contenido impartido. La actividad proporciona decisiones, errores y argumentos que hacen posible una discusión sustantiva. Su valor inmediato es que el estudiante puede mostrar qué representó, qué supuso y qué evidencia usaría para cambiar de opinión.

Leer el informe y trabajar con los datos

5.1 Revelación y denominadores

El informe privado comienza con participantes, ciclos individuales completos y ciclos pendientes. En una sesión de tres personas y tres ciclos se esperan nueve registros. Si una persona terminó y las otras aún no comenzaron, hay tres completos y seis pendientes; no hay una clase con nueve estudiantes. La revelación de agregados se habilita al completar todos los ciclos previstos. Actualizar el informe consulta el avance, pero no cambia decisiones. El botón Ocultar vuelve a esconder los agregados de la pantalla; no elimina información ni revierte una revelación que el grupo ya haya visto.

La unidad central es persona-ciclo. El promedio general de RMSE reúne ciclos completos y cada uno recibe el mismo peso. En una sesión de tres ciclos, una misma persona puede contribuir tres observaciones relacionadas. El tamaño de muestra de ese promedio no es un número de personas independientes. Cada RMSE individual resume tres pruebas y el error de entrenamiento resume una cantidad que puede crecer con los ensayos elegidos. El informe muestra además resultados por ciclo, con su propio denominador. No mezcle esas unidades al formular una conclusión sobre el grupo.

El histograma divide el error de prueba en cero, mayor que cero hasta dos, mayor que dos hasta cinco, mayor que cinco hasta diez y mayor que diez. Las barras representan frecuencias de ciclos individuales, no porcentajes ni densidades. Su suma debe coincidir con los ciclos completos. Las clases tienen amplitudes distintas y una clase final abierta: no interprete el área como probabilidad de una variable continua. La agrupación facilita identificar concentración y dispersión; para otros cortes utilice el archivo exportado. Un promedio bajo puede coexistir con una cola de errores altos y necesita esa segunda lectura.

5.2 Fórmulas, trayectorias y dispersión

La tabla de modelos cuenta las formas elegidas por ciclo. Cada fila muestra el número de registros completos y la distribución entre las cinco posibilidades. No cuenta cuántos modelos son verdaderos ni qué porcentaje de personas comprende la teoría. Dos fórmulas diferentes pueden generar las mismas predicciones si algunos coeficientes son cero. A la inversa, dos personas pueden seleccionar “lineal” y obtener errores muy distintos. Para una comparación sustantiva, combine esta tabla con coeficientes y resultados; evite convertir el nombre de una opción del menú en una medida automática de sofisticación.

La trayectoria presenta dos series: error medio de entrenamiento en gris y error medio de prueba en azul. El eje horizontal es el ciclo, no tiempo de reloj. El vertical está en unidades de Y . La tabla inferior proporciona cifras y número de observaciones por ciclo. Una separación entre series

invita a preguntar por los datos usados, el ruido y el entorno. En el tratamiento de cambio, el entrenamiento reúne datos antiguos y actuales; por ello una inversión de la separación habitual no es un error del gráfico. Explique la composición antes de sugerir una causa.

La dispersión sitúa el resultado observado en el eje horizontal y la predicción en el vertical. La diagonal representa igualdad. Puntos por encima indican sobrepredicción y por debajo subpredicción. Cada punto corresponde a una de tres pruebas de un ciclo individual completo. Con nueve ciclos completos hay 27 puntos, aunque algunos se superpongan. La transparencia ayuda a ver acumulación, pero no permite contar todos los puntos coincidentes a simple vista. No hay códigos individuales en el gráfico. Una pendiente aparente distinta de uno puede sugerir compresión o expansión de predicciones, sin identificar por sí sola su explicación.

La referencia del simulador aparece únicamente en el bloque docente revelado. Muestra la función central y el intervalo de perturbación, además del desplazamiento cuando corresponde. Sirve para reconstruir cálculos y organizar feedback después de decidir. No debe proyectarse anticipadamente. El informe no combina automáticamente sesiones ni estima diferencias causales entre tratamientos. Para comparar grupos, exporte sesiones identificadas y documente qué cambió, cómo se asignaron participantes y qué instrucciones recibió cada grupo.

5.3 Descarga, privacidad y reproducción

El botón del informe descarga un CSV de la sesión seleccionada. Su formato es largo: una fila por participante y ciclo activo, incluyendo registros todavía pendientes. Contiene idioma, edición, tratamiento, protocolo, estado, cantidad de ensayos, forma, coeficientes efectivos, errores, costos y puntuación. Dos columnas conservan las observaciones de entrenamiento y las pruebas en JSON. Ese formato permite reconstruir qué información estaba disponible y qué resultado se evaluó. Los identificadores son necesarios para ordenar registros longitudinales; no deben aparecer en diapositivas asociadas a decisiones particulares.

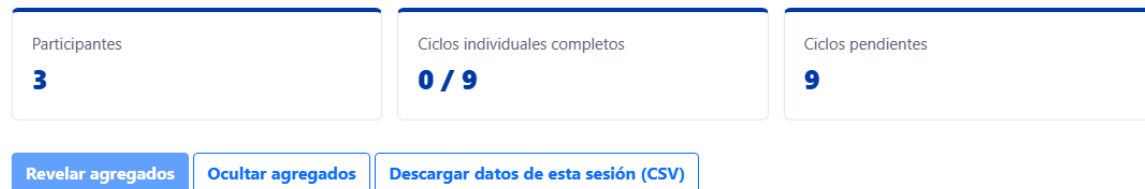
Los vacíos son distintos de los ceros. Una puntuación cero observada es un resultado válido; una celda vacía de puntuación indica que el modelo todavía no se completó. En datos suministrados, la cantidad de ensayos puede quedar vacía porque esa página no se utiliza; el protocolo permite distinguirla de una decisión activa de elegir cero. Para calcular medias use solo registros completos y declare el criterio. No sustituya todos los valores ausentes por cero al abrir el archivo en una hoja de cálculo. Esa operación sesga tanto los promedios como la lectura del avance.

Desde Datos de la sesión también puede descargarse el archivo ancho nativo, con una fila por participante y columnas para los tres períodos técnicos. En una sesión de un ciclo, los períodos posteriores existen en la estructura pero no son decisiones activas. El informe y el CSV propio recorren únicamente los ciclos configurados. La página global de exportación puede reunir varias sesiones; no confunda ese archivo con el enlace específico de la sesión. Conserve la configuración, la fecha, las instrucciones orales y el archivo original antes de generar una versión anonimizada para discusión o ejercicios.

BEER LAB

Informe docente: construcción de modelos

Entorno estable · Ensayos elegidos por el participante



Los agregados se habilitan cuando todas las personas completan los ciclos previstos. Actualice el informe para consultar el avance. La descarga incluye también los registros pendientes.

Archivo largo de la sesión seleccionada: una fila por persona y ciclo activo; incluye datos y pruebas en JSON, coeficientes, costos y estado. Los campos vacíos indican respuestas pendientes, no ceros. El archivo ancho nativo se descarga desde Datos de esta sesión.

Figura 5.1: Informe inicial: avance y descarga disponibles, agregados todavía bloqueados.



Figura 5.2: Histograma: frecuencias de ciclos individuales según su error de prueba.

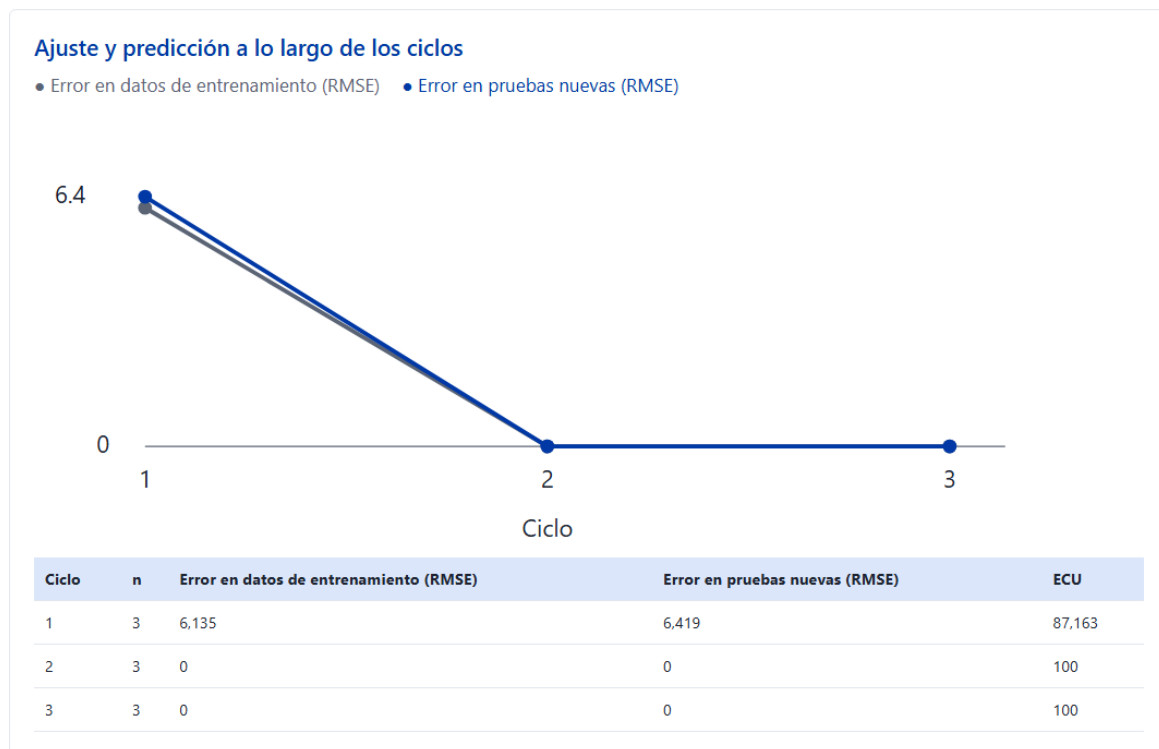


Figura 5.3: Trayectoria: distingue datos de entrenamiento acumulados y pruebas del ciclo actual.

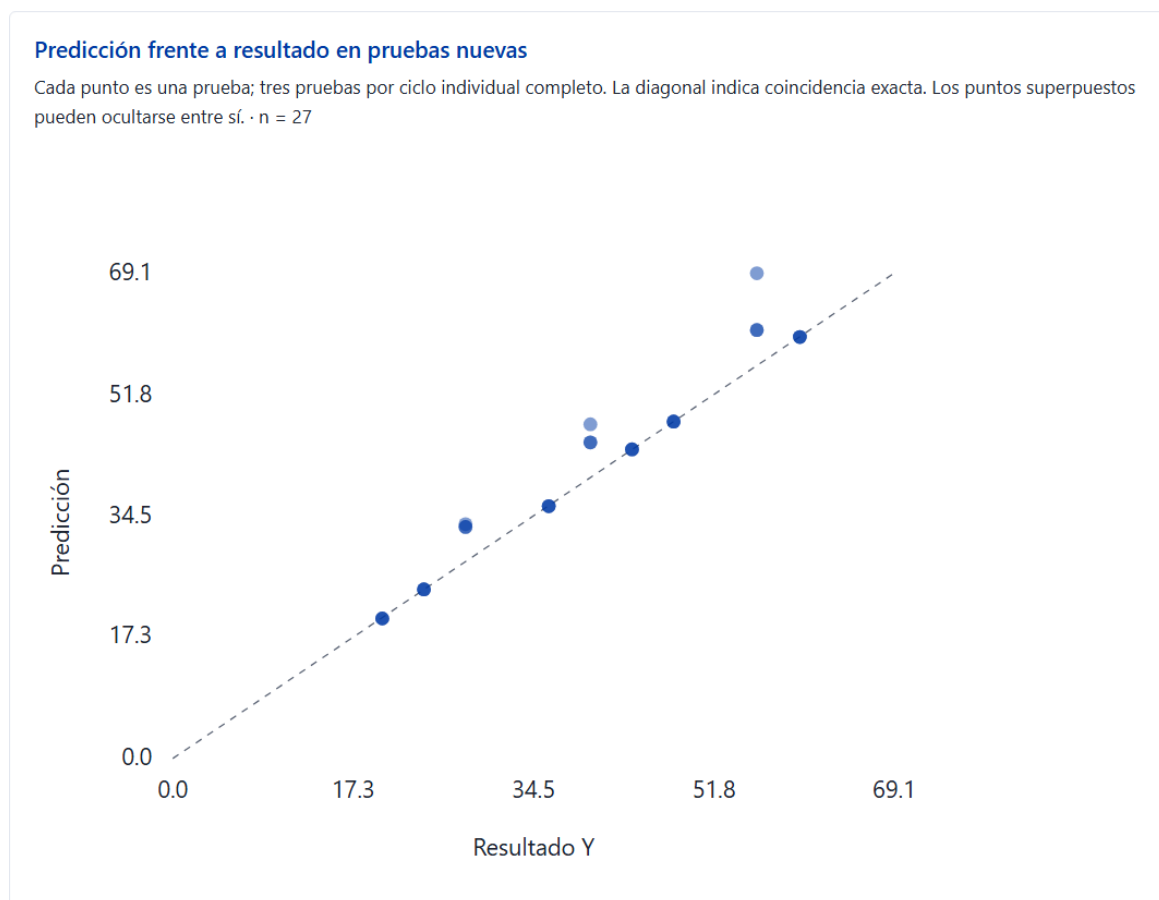


Figura 5.4: Dispersión: la distancia a la diagonal permite discutir dirección y magnitud del error.

Plan de clase, ejercicios y cierre

6.1 Sesión breve y sesión con revisión

Para 30 minutos, reserve cinco para explicar variables y acceso, cinco para instrucciones y comprensión, siete para registrar un modelo y trece para discutir resultados. Utilice datos suministrados o exploración de un ciclo. Abra el feedback con dos predicciones concretas y su cálculo, antes de presentar categorías metodológicas. Una sesión breve termina mejor con una conclusión precisa sobre pendiente o validación que con una lista apresurada de todos los problemas de modelación. Si la comprensión consume más tiempo, reduzca la comparación de extensiones; no suprima la explicación del significado de ECU y del resultado evaluado.

Para 55 minutos, dedique ocho a preparación, doce al primer ciclo, diez a los siguientes, quince al informe y diez a un ejercicio de transferencia. Use la referencia de revisión y elija después una extensión para otra sesión o para un grupo comparativo. La repetición permite preguntar qué se conservó de la regla y por qué. Antes de revelar la función, solicite una explicación escrita de dos frases: qué supuesto resultó más importante y qué observación adicional pedirían. Este registro breve impide que la explicación retrospectiva borre las dudas que existían al decidir.

Guion para el feedback

“Primero describamos el resultado: cuántos ciclos hay y dónde están los errores. Después reconstruyamos una predicción. ¿Qué regla la produjo? ¿Qué dato la contradice o la respalda? Finalmente indiquemos qué cambiaríamos y en qué condiciones esperaríamos que la regla siguiera funcionando. Una buena explicación debe separar estas tres tareas: describir, interpretar y proponer otra prueba”.

No utilice el ranking de puntos como eje de la sesión. Un estudiante puede puntuar menos por una elección de información razonable que resultó desfavorable con ruido. Otro puede acertar por una coincidencia que no sabe explicar. Pida argumentos verificables y construya un contraste con datos concretos. La precisión es una dimensión de calidad; la claridad del mecanismo, la coherencia de supuestos y el dominio de aplicación son otras. La guía permite explicar por qué un modelo puede ser útil sin ser una descripción completa y por qué una representación detallada puede servir poco para una pregunta específica.

6.2 Ejercicios con orientación de respuesta

Los ejercicios siguientes separan cálculo, diseño e interpretación. Solicite la operación utilizada, una afirmación sustentada y una limitación. Reserve las soluciones para el feedback posterior.

Una recta y una observación adicional

Entregue los puntos $(2, 28)$ y $(7, 48)$, con condición constante, y pida una predicción para $X = 10$. La pendiente es $(48 - 28)/(7 - 2) = 4$, el intercepto es $28 - 4(2) = 20$ y la predicción es 60. Pregunte qué no se ha demostrado: que la relación continúe siendo lineal fuera del intervalo o que la condición carezca de efecto. Una respuesta completa debe separar el cálculo dentro de una forma elegida de la justificación de esa forma. Pida un ensayo que confronte la extrapolación y otro que examine la condición; no son necesariamente el mismo.

Errores que se cancelan en el promedio

Suponga errores $-6, 0, 6$. El promedio firmado es cero, pero el RMSE es $\sqrt{72/3} = \sqrt{24} \simeq 4,90$. La puntuación bruta es aproximadamente 90,20 ECU. La respuesta central es que equilibrio entre sobrepredicción y subpredicción no equivale a acierto. Dibuje los tres puntos respecto de la diagonal y conecte la distancia visual con la suma de cuadrados. Si alguien obtiene cero puntos de error porque sumó primero, identifique la operación concreta que cambió. Esta explicación recupera la regla de puntuación sin descalificar a la persona.

Separar una condición del ajuste

Dos observaciones son $(X, Z, Y) = (2, 0, 28)$ y $(8, 1, 64)$. Hay una diferencia de 36, pero cambian dos elementos. Pida un ensayo adicional y una justificación. Elegir $(2, 1)$ permite comparar condiciones con el mismo ajuste; en la función aditiva genera 40, una diferencia de doce frente al primer punto. Elegir $(8, 0)$ también sirve y genera 52. La respuesta no es dividir 36 por seis y atribuir toda la diferencia a X . Explique qué componente del contraste inicial estaba mezclado y cómo el nuevo dato lo separa.

Actualizar sin descartar todo

Un modelo $20 + 4X$ era exacto y después el resultado para $X = 5$ pasa de 40 a 55. La actualización anunciada es compatible con un desplazamiento del intercepto a 35. Un solo punto no demuestra que la pendiente siga siendo cuatro; un segundo ensayo con otro ajuste ayuda a contrastarlo. Pregunte qué evidencia distinguiría un desplazamiento paralelo de una pendiente nueva. En la implementación el docente conoce que el cambio es de nivel, pero el participante debe inferir su magnitud. No use ese conocimiento reservado para atribuir irracionalidad a una conjetura alternativa todavía compatible con pocos datos.

Complejidad y objetivo

Una recta tiene RMSE de cuatro y una interacción RMSE de tres. Sin costos, sus puntos brutos son 92 y 94. Con la penalización de complejidad, la recta conserva 92 y la interacción queda en 90 porque utiliza cuatro parámetros. La representación con menor error no tiene la mayor puntuación neta. Pida identificar qué objetivo se está maximizando y qué cambia al fijar la penalización en cero. La solución debe reconocer que la regla docente hace explícito un intercambio; no demuestra que todos los criterios de selección deban penalizar parámetros de esa manera.

Transferencia a una decisión económica

En la extensión de demanda, para precio cinco y campaña activa la cantidad es $100 - 4(5) + 12 = 92$. Pregunte si ese cálculo permite recomendar el precio que maximiza beneficios. La respuesta es negativa: faltan costos, restricciones y una función objetivo de la empresa. Puede construirse una predicción de cantidad sin haber resuelto una elección óptima. Pida que el estudiante añada verbalmente un costo unitario y describa qué nueva ecuación necesitaría. Esa transferencia conecta modelación y decisión económica sin atribuir al programa un problema de optimización que no implementa.

6.3 Criterios de evaluación y lista final

Una rúbrica sencilla considera cuatro dimensiones: claridad de variables y unidades, coherencia de la regla, justificación del ensayo y lectura de evidencia nueva. Para cada dimensión puede distinguir una respuesta ausente, una respuesta parcialmente justificada y una explicación que incluye un ejemplo o contraste. Los puntos de la plataforma pueden acompañar esa evaluación, pero no sustituyen la argumentación. Si se usará una calificación, anuncie el criterio antes de la actividad y evite penalizar dos veces un mismo error numérico que el estudiante corrigió de manera explícita durante la discusión.

Al cerrar, compruebe que el grupo pueda distinguir observación y predicción, ensayo y prueba, ajuste y transporte, punto bruto y neto, parámetro y variable. Solicite una afirmación que los datos permiten sostener y otra que todavía no permiten. Una respuesta como “la recta funcionó en estas condiciones; falta comprobar otro entorno” es más informativa que “los modelos son falsos”. La meta es aprender a hacer afirmaciones acotadas y revisables. Esa habilidad puede retomarse después al estudiar mercados, políticas y comportamiento, donde las restricciones de información serán más complejas.

Punto de verificación

Al terminar: confirmar el cierre, descargar el CSV específico y el archivo ancho si se necesita, conservar instrucciones y configuración, anonimizar materiales de clase y registrar dudas recurrentes. Para repetir con otro grupo, crear una sesión nueva. No borrar la base para actualizar una vista previa.

Bibliografía

- Geerling, W., Mateer, G. D. y O’Roark, B. (2019). The View from 30,000 Feet: Using Paper Airplanes to Understand Economic Modeling. *Journal of Economics and Finance Education*, 18(1), 18–24. <https://research.monash.edu/en/publications/the-view-from-30000-feet-using-paper-airplanes-to-understand-econ/>.
- Klahr, D. y Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1–48. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90007-9](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90007-9).
- Box, G. E. P. (1976). Science and Statistics. *Journal of the American Statistical Association*, 71(356), 791–799. <https://doi.org/10.1080/01621459.1976.10480949>.
- American Economic Association. JEL Classification System. Códigos A22, B41, C51, C52, C53 y C91, verificados el 16 de octubre de 2026. <https://www.aeaweb.org/econlit/jelCodes.php?view=jel>.