



Universidad Católica Argentina
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias
Carrera: Ingeniería en Informática

Trabajo Práctico:

Inferencia Estadística Steel Frame

Materia: Modelos y Simulación

Integrantes

- Mateo Villanueva
- Patricio Ratcliffe

Docentes

- Javier Ouret
-

Fecha de entrega: 29/8/2025

Introducción

En este trabajo se analiza un dataset sobre paneles de acero que incluyen datos como el espesor, la resistencia a la fluencia, recubrimiento de zinc y el valor de la transmitancia térmica. Se utilizan diversos estimadores estadísticos como la media, la varianza e intervalos de confianza. También se tienen datos importantes como los errores de tipo I y II, para los casos de falso positivo y falso negativo respectivamente, y los datos obtenidos de la distribución T de Student, ya sea de una sola muestra o de 2 muestras con varianza desigual.

A continuación vamos a describir un poco cada tipo de dato analizado, para entender mejor los métodos aplicados.

Los datos del espesor en la muestra tienen una distribución normal, cuya media y desvío dependen del proveedor (Proveedor A: $\mu = 0.90$ mm y $\sigma = 0.06$ mm, Proveedor B: $\mu = 0.88$ mm y $\sigma = 0.07$ mm). El rango se encuentra limitado entre 0.70 y 1.10 mm.

La resistencia a la fluencia del acero sigue un modelo lineal:

$$\text{Fluencia} = 230 + 80 \cdot (\text{espesor} - 0.85) + \varepsilon,$$

donde $\varepsilon \sim N(0, 12)$. Los valores típicos oscilan entre 210 y 280 MPa.

La cantidad de zinc en el recubrimiento tiene una distribución normal (Proveedor A: $\mu = 220$ y $\sigma = 18$, Proveedor B: $\mu = 210$ y $\sigma = 20$), y el rango se encuentra limitado entre 160 y 280 g/m².

El valor de transmitancia térmica U sigue un modelo lineal:

$$U = 0.35 - 0.06 \cdot (\text{espesor} - 0.85) + \text{ruido} + \text{penalización},$$

donde ruido $\sim N(0, 0.015)$ y penalización: Proveedor A: +0.012, Proveedor B: +0.015. Los valores se encuentran entre 0.18 y 0.55 W/m²·K.

También hay una variable que depende de si el panel cumple la condición $U \leq 240$.

Gracias al dataset generado simulando un caso de registro de paneles podemos:

- Hacer análisis estadístico de control de calidad.
- Comparar proveedores A vs B.
- Probar hipótesis sobre resistencia y aislamiento térmico.
- Practicar inferencia con un caso realista.

Fórmulas Aplicadas

$$\text{Media muestral: } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\text{Varianza muestral: } s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\text{IC para media: } \bar{x} \pm t_{\alpha/2, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

t de 1 muestra: $t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$

t de 2 muestras (var. desiguales): $t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$

Resumen del Dataset

1. Descripción General del Dataset:

Se generó un archivo CSV con 200 registros correspondientes a paneles de steel frame, recopilando diversas propiedades físicas y requisitos normativos de cada uno.

2. Variables Incluidas:

- **id_panel:** Identificador único del panel.
- **proveedor:** Empresa proveedora del panel (A o B).
- **lote:** Número de lote del producto.
- **espesor_mm:** Espesor del perfil en milímetros.
- **resistencia_fluencia_MPa:** Resistencia a la fluencia en megapascuales.
- **recubrimiento_zinc_g_m2:** Cantidad de recubrimiento de zinc en gramos por metro cuadrado.
- **U_W_m2K:** Valor U, medida de transmitancia térmica.
- **cumple_requisito_U:** Indicador booleano que señala si el panel cumple con el requisito de eficiencia térmica.

3. Estadísticos Descriptivos del Espesor de Perfiles:

- **Tamaño muestral (n):** 200 perfiles.
- **Media muestral (\bar{x}):** 0.885 mm.
- **Mediana:** 0.890 mm.
- **Desvío estándar (s):** 0.064 mm.

Intervalo de Confianza para el Espesor Medio

Se construyó un **intervalo de confianza del 95%** para estimar el espesor medio de los perfiles de steel frame, utilizando la distribución t de Student debido a que se trata de una muestra y se desconoce la desviación estándar poblacional.

- **Cantidad de observaciones (n):** 200
- **Media muestral (\bar{x}):** 0.885 mm
- **Desvío estándar muestral (s):** 0.064 mm
- **Valor crítico t (gl = 199, $\alpha = 0.05$):** 1.972
- **Margen de error (MOE):** ± 0.009 mm
- **Intervalo de confianza al 95%:** (0.876 mm, 0.894 mm)

Observaciones sobre la Variabilidad del Espesor según Proveedor

Al analizar la distribución del **espesor de los perfiles** por proveedor, se observa una **alta variabilidad respecto al valor esperado**. Esto se evidencia en la forma de la distribución:

- La **concentración de los valores no se sitúa mayoritariamente en torno a la media**, sino que existe una dispersión notable hacia los extremos.
- Esta característica sugiere que **los proveedores no mantienen una consistencia estricta en el espesor de los perfiles**, lo cual puede comprometer la uniformidad del producto final.

Se recomienda profundizar este análisis mediante:

- Histogramas o diagramas de caja por proveedor.
- Pruebas de hipótesis para comparar medias entre proveedores.

- Análisis de control de calidad para evaluar la estabilidad del proceso de fabricación.

Análisis de la Resistencia de los Perfiles

Se evaluó la **resistencia a la fluencia** de los 200 perfiles de steel frame incluidos en el dataset.

- **Cantidad de paneles analizados:** 200
- **Media muestral (\bar{y}):** 232.123 MPa
- **Desvío estándar muestral (s):** 13.398 MPa

Este análisis permite obtener una visión general sobre el comportamiento mecánico de los perfiles, fundamental para verificar su idoneidad estructural conforme a normativas técnicas.

Test t de Una Muestra

Se aplicó una **prueba t de una muestra** con el objetivo de evaluar si la **resistencia a la fluencia media** de los perfiles es significativamente **menor que 240 MPa**, valor de referencia establecido.

- **Cantidad de observaciones (n):** 200
- **Media muestral (\bar{y}):** 232.123 MPa
- **Desvío estándar muestral (s):** 13.398 MPa

Hipótesis estadísticas planteadas:

- **Hipótesis nula (H_0):** $\mu \geq 240$ MPa
- **Hipótesis alternativa (H_1):** $\mu < 240$ MPa

Resultados del test:

- **Estadístico t calculado:** -8.315
- **p-valor (unilateral):** 0.00000

Conclusión:

Dado que el p-valor es **menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$** , se rechaza la hipótesis nula (H_0).

Existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la **resistencia a la fluencia media de los perfiles es menor a 240 MPa**.

Test para Muestras Independientes (Welch). **Comparación entre Proveedores**

Se realizó una **prueba t de Welch** para comparar los **espesores promedio** de perfiles entre los proveedores A y B, considerando varianzas desiguales.

Datos de entrada:

- **Cantidad de paneles – Proveedor A:** 108
- **Cantidad de paneles – Proveedor B:** 92
- **Media A (\bar{x}_a):** 0.890 mm
- **Media B (\bar{x}_b):** 0.880 mm
- **Desvío estándar A (s_a):** 0.060 mm
- **Desvío estándar B (s_b):** 0.067 mm

Hipótesis planteadas:

- **Hipótesis nula (H_0):** $\mu_a = \mu_b$ (no hay diferencia en los espesores promedio)
- **Hipótesis alternativa (H_1):** $\mu_a > \mu_b$ (el proveedor A tiene mayor espesor promedio)

Resultados:

- Estadístico t calculado: 1.094
- p-valor (unilateral): 0.13771

Conclusión:

Al no superar el umbral de significancia ($\alpha = 0.05$), **no se puede rechazar la hipótesis nula (H_0)**.

Por lo tanto, **no hay evidencia estadística suficiente** para afirmar que el **proveedor A entrega perfiles con un espesor promedio mayor que el proveedor B**.

Análisis del Valor U por Proveedor

Se evaluó el desempeño térmico de los perfiles de acero mediante el análisis del **valor U (transmitancia térmica)** para cada proveedor, comparando sus medias con el umbral de **0.40 W/m²K**, considerado como límite superior deseable para cumplir estándares de eficiencia energética.

Proveedor A

- Cantidad de paneles: 108
- Media muestral: 0.359 W/m²K
- Desvío estándar: 0.016 W/m²K
- Intervalo de confianza al 95%: (0.356, 0.362) W/m²K
- Estadístico t: -26.211
- p-valor (una cola, $H_1: \mu < 0.40$): 0.00000

Conclusión:

Se **rechaza la hipótesis nula (H_0)** al nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la media del valor U de los perfiles del

proveedor A es **significativamente menor que $0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$** , lo cual indica un **buen desempeño térmico**.

Proveedor B

- **Cantidad de paneles:** 92
- **Media muestral:** $0.362 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Desvío estándar:** $0.018 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Intervalo de confianza al 95%:** $(0.359, 0.366) \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Estadístico t:** -20.410
- **p-valor (una cola, $H_1: \mu < 0.40$):** 0.00000

Conclusión:

También se **rechaza la hipótesis nula (H_0)**.

La media del valor U del proveedor B es **estadísticamente menor que $0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$** , lo cual sugiere que este proveedor **también cumple con los requisitos térmicos establecidos**.

Prueba de Diferencia de Proporciones – Cumplimiento de Requisitos

Se realizó una **prueba estadística para comparar las proporciones** de paneles que cumplen con los requisitos entre los proveedores A y B.

Datos:

- **Proveedor A:** 107 de 108 paneles cumplen (proporción = 0.991)
- **Proveedor B:** 90 de 92 paneles cumplen (proporción = 0.978)

Resultados:

- **Estadístico z:** 0.724

- **p-valor (dos colas):** 0.46927

Conclusión:

Dado que el p-valor es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, **no se puede rechazar la hipótesis nula (H_0)**.

No existe evidencia estadística suficiente para afirmar que las **proporciones de cumplimiento entre proveedores sean diferentes**.

Análisis de Regresión Lineal Simple: Resistencia a la Fluencia vs Espesor

Se realizó un análisis de regresión lineal simple para explorar la relación entre el **espesor del perfil (variable independiente)** y la **resistencia a la fluencia (variable dependiente)**.

- Se ajustó un modelo de regresión utilizando mínimos cuadrados ordinarios (OLS), de manera de obtener la pendiente y ordenada óptimas para la recta de regresión.
- El modelo incluye un intercepto, incorporado añadiendo una constante a la matriz de predictores.
- Se generaron predicciones a lo largo del rango observado del espesor para graficar la línea de regresión.

Resultados:

- La gráfica muestra los puntos de datos observados (espesor vs resistencia) y la línea ajustada del modelo.
- El coeficiente de determinación R^2 del modelo es: **{model.rsquared:.3f}**, indicando el porcentaje de variabilidad en la resistencia explicado por el espesor (la bondad del ajuste).

Esta relación es clave para comprender cómo el espesor afecta las propiedades mecánicas del steel frame y puede usarse para predecir la resistencia basada en el espesor.

Conclusiones

El análisis estadístico realizado sobre el dataset de paneles de acero permitió extraer conclusiones relevantes tanto desde el punto de vista técnico como del control de calidad:

Espesor de perfiles:

El intervalo de confianza obtenido muestra que el espesor medio se encuentra dentro del rango esperado, aunque con cierta variabilidad por proveedor, lo que sugiere la necesidad de reforzar controles en el proceso de fabricación para garantizar mayor uniformidad.

La comparación entre proveedores no arrojó diferencias estadísticamente significativas en cuanto al espesor promedio, lo que indica un desempeño similar en este aspecto.

Resistencia a la fluencia:

Los perfiles presentan una resistencia media significativamente menor al valor de referencia de 240 MPa, lo cual implica que, aunque se mantengan dentro de un rango aceptable, existe un margen de mejora para alcanzar mayores estándares estructurales.

La relación entre espesor y resistencia fue confirmada mediante regresión lineal, mostrando que el espesor es un predictor útil para estimar el comportamiento mecánico.

Desempeño térmico (valor U):

Tanto los paneles del proveedor A como los del proveedor B cumplen satisfactoriamente con los requisitos de transmitancia térmica ($U < 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$), evidenciando un buen desempeño energético en ambos casos.

La proporción de cumplimiento de requisitos es alta y estadísticamente equivalente entre proveedores, lo que asegura consistencia en términos de eficiencia térmica.

Implicancias generales:

El dataset permitió ejercitar de manera práctica métodos de inferencia estadística (pruebas t, intervalos de confianza, regresión, prueba de proporciones), aportando resultados comparativos entre proveedores.

Si bien las diferencias entre A y B son mínimas y no significativas en la mayoría de los casos, la variabilidad en el espesor y la resistencia menor al umbral esperado son puntos críticos que deberían revisarse para garantizar estándares más robustos.