

Actividad 1: Distribución de Poisson

Análisis de Radiación Natural con Contador Geiger

[Nombre del Estudiante] Código: Código

Física Experimental III
Universidad de Antioquia

[Fecha]

1 Introducción

La distribución de Poisson es un modelo probabilístico fundamental para describir eventos discretos que ocurren de manera independiente en intervalos de tiempo o espacio fijos. Este tipo de distribución es especialmente útil en física para modelar procesos de desintegración radiactiva, donde las emisiones de partículas son eventos aleatorios e independientes.

En esta actividad se analizan datos experimentales de radiación natural capturados mediante un contador Geiger remoto, con el objetivo de verificar si el proceso sigue una distribución de Poisson y comparar los resultados experimentales con datos simulados y predicciones teóricas.

1.1 Marco Teórico

La función de masa de probabilidad de Poisson está dada por:

$$P(k; \lambda) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \quad (1)$$

donde:

- k es el número de eventos observados
- λ es el número promedio de eventos por intervalo (parámetro de la distribución)
- Para una distribución de Poisson: $E[X] = \text{Var}(X) = \lambda$

2 Metodología

2.1 Toma de Datos

- **Fuente de datos:** Contador Geiger remoto (<https://luramire.github.io/GeigerCounter.io>)
- **Fecha:** 26 de noviembre de 2025

- **Duración:** 30 minutos
- **Intervalo de muestreo:** 10 segundos
- **Franja horaria:** [COMPLETAR CON LA HORA DE TOMA DE DATOS]

Los datos mostrados en la interfaz web corresponden a cuentas acumuladas n_i . Para obtener las cuentas por intervalo, se calculó:

$$\Delta n_i = n_{i+1} - n_i \quad (2)$$

2.2 Procesamiento de Datos

El análisis incluyó los siguientes pasos:

1. **Limpieza de datos:** Extracción de valores numéricos válidos y eliminación de mensajes del sistema
2. **Detección de outliers:** Aplicación del criterio de cuartiles (IQR)
3. **Cálculo de parámetros:** Determinación de λ experimental
4. **Simulación:** Generación de datos sintéticos con distribución de Poisson
5. **Análisis comparativo:** Evaluación estadística y gráfica

3 Resultados

3.1 Análisis Preliminar y Detección de Outliers

Se aplicó el criterio de cuartiles para identificar datos atípicos. Un dato se considera outlier si:

$$x < Q_1 - 1.5 \times IQR \quad \text{o} \quad x > Q_3 + 1.5 \times IQR \quad (3)$$

donde $IQR = Q_3 - Q_1$ es el rango intercuartílico.

Resultados:

- Total de datos iniciales: [COMPLETAR]
- Datos atípicos detectados: [COMPLETAR]
- Datos finales (limpios): [COMPLETAR]
- Porcentaje removido: [COMPLETAR]%



Figure 1: Boxplot mostrando la distribución de datos y outliers detectados mediante el criterio IQR. El panel izquierdo muestra el boxplot tradicional con límites de cuartiles, mientras que el panel derecho presenta el histograma con los outliers marcados en rojo.

3.2 Parámetros Estadísticos

Table 1: Resumen de parámetros estadísticos para datos experimentales, simulados y teóricos

Parámetro	Experimental	Simulado	Teórico (Poisson)
Total de datos	[VALOR]	[VALOR]	-
Media (λ)	[VALOR] \pm [ERROR]	[VALOR]	[VALOR]
Desviación estándar	[VALOR]	[VALOR]	$\sqrt{\lambda} =$ [VALOR]
Varianza	[VALOR]	[VALOR]	$\lambda =$ [VALOR]
Varianza/Media	[VALOR]	[VALOR]	1.000

Análisis: La razón varianza/media cercana a 1 es característica de procesos que siguen distribución de Poisson, donde $\text{Var}(X) = E[X] = \lambda$.

3.3 Comparación: Datos Experimentales vs Simulados

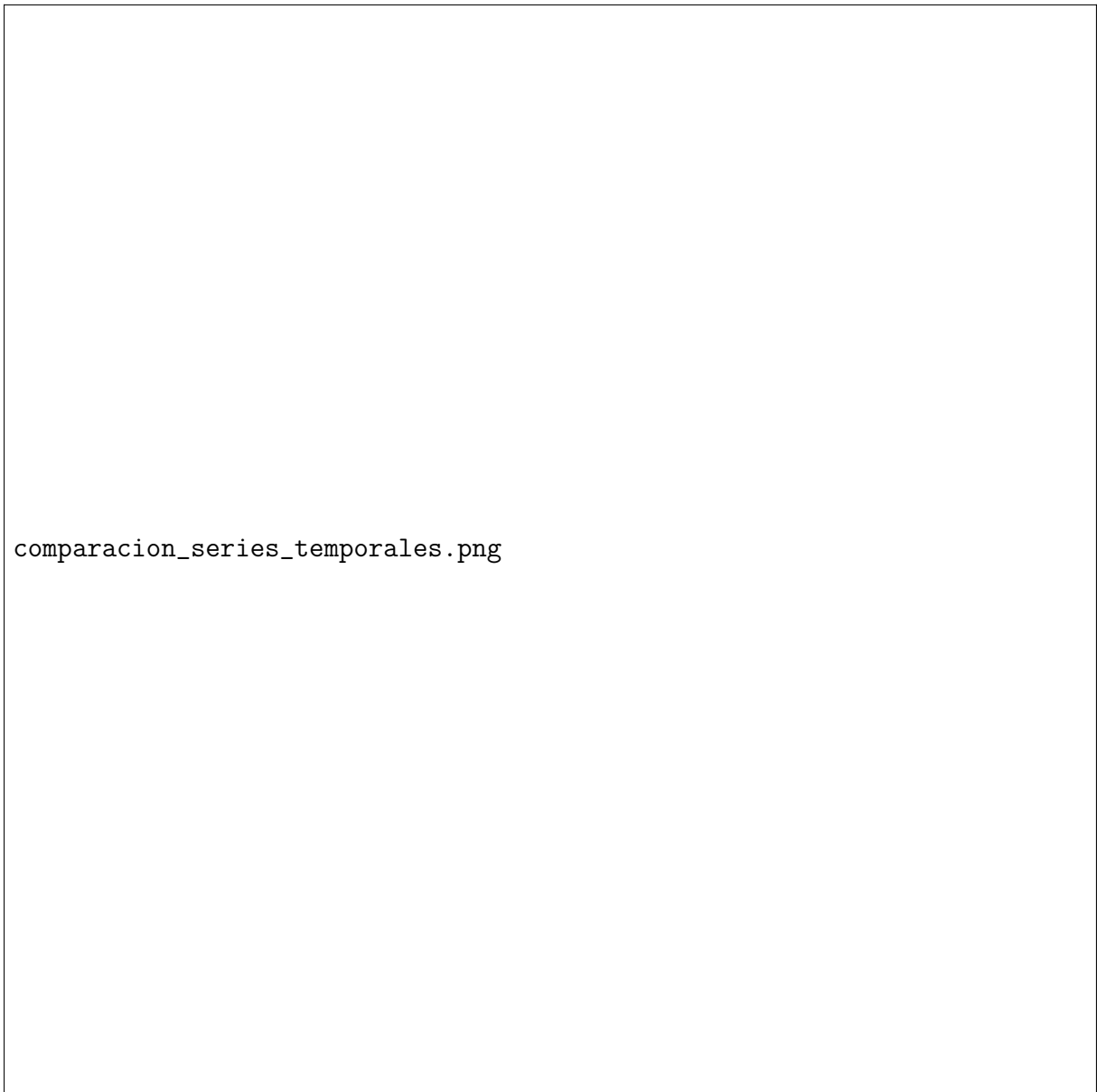


Figure 2: Series temporales de cuentas de radiación. (Superior) Datos experimentales con media y desviación estándar. (Centro) Datos simulados siguiendo distribución de Poisson. (Inferior) Comparación directa entre ambos conjuntos de datos.

Similitudes:

- Ambos conjuntos fluctúan alrededor de valores medios similares ($\lambda \approx [\text{VALOR}]$)
- La dispersión es comparable (desviación estándar similar)
- No se observan tendencias sistemáticas en ninguno de los casos

Diferencias:

ES ESPECÍFICAS

3.4 Análisis de Residuos

Los residuos se calcularon como:

$$r_i = x_i - \bar{x} \quad (4)$$

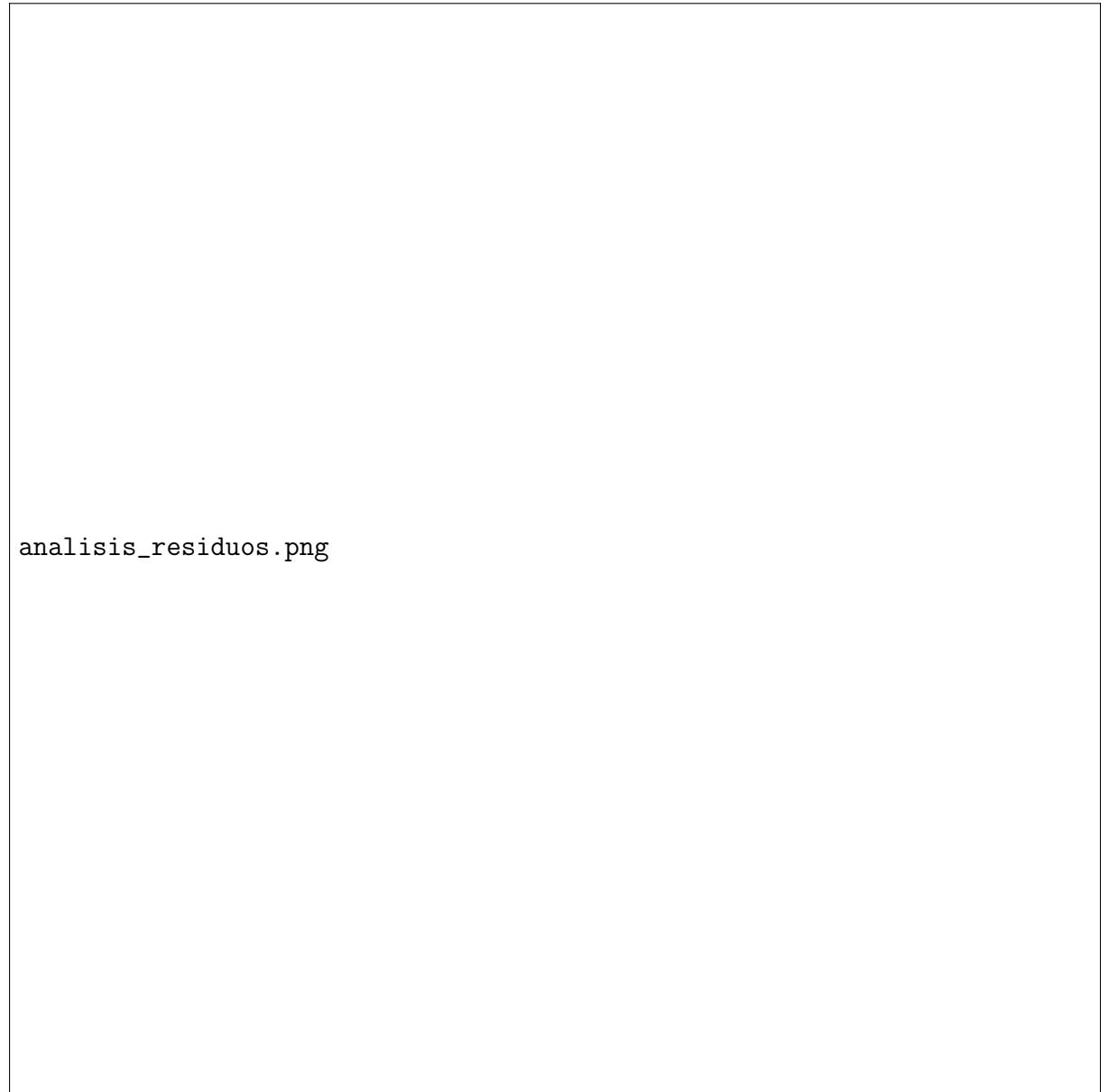


Figure 3: Análisis de residuos. Paneles superiores: residuos vs número de intervalo para datos experimentales (izquierda) y simulados (derecha). Paneles inferiores: histogramas de distribución de residuos. Las líneas naranjas indican $\pm 1\sigma$.

Conclusión sobre aleatoriedad:

Los residuos están distribuidos aleatoriamente si:

- No presentan patrones sistemáticos (tendencias, periodicidades)
- Están centrados en cero

- Aproximadamente 68% están dentro de $\pm 1\sigma$
- Aproximadamente 95% están dentro de $\pm 2\sigma$

Resultado del test de rachas:

- Rachas experimentales: [VALOR]
- Rachas simuladas: [VALOR]
- Interpretación: [COMPLETAR]

3.5 Histogramas y Distribución Teórica

histogramas_poisson.png

Figure 4: Comparación entre histogramas normalizados y distribución de Poisson teórica. (Izquierda) Datos experimentales vs teórica. (Centro) Datos simulados vs teórica. (Derecha) Comparación completa de los tres conjuntos.

Test Chi-cuadrado de bondad de ajuste:

- Estadístico χ^2 : [VALOR]
- p-valor: [VALOR]
- Interpretación: Si p-valor > 0.05 , no hay evidencia suficiente para rechazar que los datos sigan una distribución de Poisson.

3.6 Cálculo de Probabilidades

3.6.1 Probabilidad de detectar entre 2 y 5 partículas en 10s

La probabilidad se calcula como:

$$P(2 \leq k \leq 5) = \sum_{k=2}^5 \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \quad (5)$$

Table 2: Probabilidad de detectar entre 2 y 5 partículas en un intervalo de 10s

Método	Probabilidad	Porcentaje
Datos experimentales	[VALOR]	[VALOR]%
Datos simulados	[VALOR]	[VALOR]%
Distribución teórica	[VALOR]	[VALOR]%

Desglose por valor de k:

Table 3: Probabilidades individuales para cada valor de k

k	P(k) Teórica	Frec. Experimental	Frec. Simulada
2	[VALOR]	[VALOR]	[VALOR]
3	[VALOR]	[VALOR]	[VALOR]
4	[VALOR]	[VALOR]	[VALOR]
5	[VALOR]	[VALOR]	[VALOR]

3.6.2 Eventos esperados en 3 minutos

Para un intervalo de 180 segundos (18 intervalos de 10s):

$$\text{Eventos esperados} = P(2 \leq k \leq 5) \times 18 \quad (6)$$

Resultados:

- Basado en datos experimentales: [VALOR] eventos
- Basado en datos simulados: [VALOR] eventos
- Basado en distribución teórica: [VALOR] eventos

Tasa total de detección:

- Total de partículas esperadas en 180s: [VALOR]
- Tasa: [VALOR] partículas/segundo = [VALOR] partículas/minuto

4 Análisis y Discusión

4.1 Validez de la Distribución de Poisson

[COMPLETAR con análisis de:]

- ¿Los datos experimentales siguen razonablemente una distribución de Poisson?
- ¿Qué indica la razón varianza/media?
- ¿Qué dice el test Chi-cuadrado?
- ¿Hay desviaciones significativas? ¿A qué pueden deberse?

4.2 Comparación Experimental vs Simulado

[COMPLETAR con análisis de:]

- Concordancia entre datos experimentales y simulados
- Diferencias observadas y posibles causas
- Validación del modelo de Poisson

4.3 Aleatoriedad de los Datos

[COMPLETAR con análisis de:]

- Comportamiento de los residuos
- Presencia o ausencia de patrones sistemáticos
- Test de rachas
- Implicaciones físicas

4.4 Limitaciones del Experimento

[COMPLETAR considerando:]

- Tiempo de muestreo limitado
- Resolución temporal (intervalos de 10s)
- Posibles fuentes de error
- Condiciones ambientales

5 Conclusiones

[COMPLETAR con conclusiones sobre:]

1. **Ajuste a Poisson:** [Evaluar qué tan bien los datos experimentales se ajustan a la distribución de Poisson]
2. **Parámetro λ :** [Reportar el valor de λ obtenido y su interpretación física]
3. **Simulación vs Experimento:** [Comparar la efectividad del modelo simulado]
4. **Probabilidades:** [Resumir los cálculos de probabilidad y eventos esperados]
5. **Aplicabilidad:** [Discutir la validez de usar Poisson para modelar radiación natural]

6 Referencias

- Bevington, P. R., & Robinson, D. K. (2003). *Data reduction and error analysis for the physical sciences*. McGraw-Hill.
- Taylor, J. R. (1997). *An introduction to error analysis: the study of uncertainties in physical measurements*. University Science Books.
- Ross, S. M. (2014). *Introduction to probability and statistics for engineers and scientists*. Academic Press.
- Material de clase: Distribuciones de Poisson y T-student (2025).
- Springer Link: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-65140-4>

A Apéndice A: Datos Crudos

A.1 Primeros 20 intervalos (datos limpios)

[INSERTAR TABLA CON PRIMEROS 20 VALORES]

A.2 Estadísticas completas

[INSERTAR TABLA COMPLETA DE ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS]

B Apéndice B: Código Python

El análisis completo se realizó en Python usando las siguientes bibliotecas:

- `numpy`: Cálculos numéricos
- `scipy.stats`: Distribuciones estadísticas
- `matplotlib`: Visualización
- `pandas`: Manejo de datos

El código completo está disponible en el notebook `Actividad1.Poisson.ipynb`.

C Apéndice C: Propagación de Errores

C.1 Error en la media

El error estándar de la media se calcula como:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

donde σ es la desviación estándar y n el número de datos.

Resultado:

$$\lambda = \bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}} = [\text{VALOR}] \pm [\text{ERROR}] \quad (8)$$

C.2 Error en probabilidades

Para la probabilidad experimental:

$$P = \frac{k}{n} \quad \Rightarrow \quad \sigma_P = \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \quad (9)$$

donde k es el número de eventos en el rango y n el total de observaciones.