

---

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA ESTADÍSTICA E  
INFORMÁTICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



**TEMA:** Herramientas de Prueba

**CURSO:** Programacion Numerica

**DOCENTE:** Ing Fred Torres Cruz

**INTEGRANTES:**

- Apaza Huata, Sadith Lina

**SEMESTRE:** Cuarto

**GRUPO:** "A"

**PUNO – PERÚ**

# Modelación Numérica de Métricas Web y Rendimiento del Servidor mediante Interpolación con Diferencias Divididas de Newton

## Introducción General

El análisis del rendimiento web requiere herramientas de medición confiables que permitan evaluar la experiencia del usuario y la capacidad del servidor bajo carga. En este informe se desarrollan dos estudios independientes, cada uno con datos obtenidos mediante:

- **Google Lighthouse:** para medir métricas de experiencia de usuario (FCP, LCP, TTFB, SEO, Rendimiento).
- **Apache JMeter 5.6.3:** para medir la respuesta del servidor bajo distintos niveles de concurrencia.

A partir de dichos datos se construyen dos modelos matemáticos aplicando **Interpolación de Newton mediante Diferencias Divididas**. Cada problema se resuelve de manera independiente y profesional, sin mezclar los resultados, para garantizar rigor en el proceso de modelación.

---

## Problema 1: Modelación del Largest Contentful Paint (LCP) usando Interpolación Numérica basada en Lighthouse

### 1. Planteamiento del Problema

Se realizó una auditoría del rendimiento web de los sitios institucionales de la **UNA Puno** y la **UNAJ Juliaca** utilizando **Google Lighthouse**. Se obtuvieron métricas claves como:

- First Contentful Paint (FCP)
- Largest Contentful Paint (LCP)
- Time to First Byte (TTFB)
- Índices globales de Rendimiento, Accesibilidad, Buenas Prácticas y SEO

Debido a que el **LCP es un indicador crítico de experiencia de usuario**, se requiere modelar su comportamiento en función del FCP mediante interpolación numérica.

---

Los datos obtenidos fueron:

| Sitio        | FCP (s) | LCP (s) |
|--------------|---------|---------|
| UNA Puno     | 2.5     | 4.1     |
| UNAJ Juliaca | 2.3     | 3.0     |

Para construir un modelo de segundo orden, se incluye un punto adicional representativo:

$$(5,1, 8,3)$$

El objetivo es estimar:

$$\text{LCP cuando } FCP = 3,0 \text{ s}$$

---

## 2. Método Seleccionado: Diferencias Divididas de Newton

La interpolación de Newton se elige porque:

- Requiere pocos puntos de medición.
- Modela relaciones no lineales entre variables.
- Permite agregar puntos sin recalcular toda la tabla.

---

## 3. Procedimiento y Desarrollo del Modelo

### 3.1 Datos utilizados

$$(x_0, y_0) = (2,5, 4,1), (x_1, y_1) = (2,3, 3,0), (x_2, y_2) = (5,1, 8,3)$$

### 3.2 Tabla de Diferencias Divididas

Orden 0

$$f[x_0] = 4,1, \quad f[x_1] = 3,0, \quad f[x_2] = 8,3$$

Orden 1

$$f[x_0, x_1] = \frac{3,0 - 4,1}{2,3 - 2,5} = 5,5$$

$$f[x_1, x_2] = \frac{8,3 - 3,0}{5,1 - 2,3} = 1,892857$$

---

## Orden 2

$$f[x_0, x_1, x_2] = \frac{1,892857 - 5,5}{5,1 - 2,5} = -1,387363$$

---

### 3.3 Polinomio de Newton

$$P(x) = 4,1 + 5,5(x - 2,5) - 1,387363(x - 2,5)(x - 2,3)$$

---

### 3.4 Evaluación para FCP = 3.0

$$x = 3,0$$

$$P(3,0) = 4,1 + 5,5(0,5) - 1,387363(0,5)(0,7)$$

$$P(3,0) \approx 6,36 \text{ s}$$

---

## 4. Resultado

$LCP \text{ estimado} \approx 6,36 \text{ s}$

---

## 5. Conclusión del Problema 1

El modelo revela que, aunque el FCP aumenta ligeramente, el LCP crece de forma más acelerada, indicando problemas en renderizado de elementos principales. Ambas instituciones deben mejorar:

- Optimización de imágenes críticas.
- Reducción del bloqueo del hilo principal.
- Minimización del TTFB.
- Optimización del DOM y recursos pesados.

El uso de interpolación de Newton permitió modelar con precisión la tendencia del LCP para valores intermedios.

---

---

## Problema 2: Modelación del Tiempo Promedio de Respuesta usando Datos de Apache JMeter 5.6.3

### 1. Planteamiento del Problema

Se realizaron pruebas de carga utilizando **Apache JMeter 5.6.3**, con el fin de evaluar el rendimiento del servidor bajo distintas cargas de usuarios concurrentes.

JMeter proporcionó métricas claves:

- **Average:** tiempo promedio de respuesta (ms)
- **Min/Max:** tiempos extremos
- **Std. Dev.:** variabilidad
- **Error %:** solicitudes fallidas

Los datos usados para modelación corresponden a la **UNA Puno**:

(30, 24190), (50, 20584), (100, 10768)

Objetivo:

Estimar el tiempo promedio de respuesta para 70 usuarios

---

### 2. Método Seleccionado

El método de Diferencias Divididas de Newton se utiliza porque:

- Modela el comportamiento no lineal del servidor.
- Es ideal para muestras pequeñas.
- Permite incorporar fácilmente más puntos de carga.

---

### 3. Procedimiento y Desarrollo

#### 3.1 Datos usados

$(x_0, y_0) = (30, 24190)$ ,  $(x_1, y_1) = (50, 20584)$ ,  $(x_2, y_2) = (100, 10768)$

---

## 3.2 Diferencias Divididas

Orden 0

$$24190, \quad 20584, \quad 10768$$

Orden 1

$$f[x_0, x_1] = \frac{20584 - 24190}{50 - 30} = -180,3$$

$$f[x_1, x_2] = \frac{10768 - 20584}{100 - 50} = -196,32$$

Orden 2

$$f[x_0, x_1, x_2] = \frac{-196,32 + 180,3}{100 - 30} = -0,2297$$

## 3.3 Polinomio Interpolante

$$P(x) = 24190 - 180,3(x - 30) - 0,2297(x - 30)(x - 50)$$

## 3.4 Evaluación para 70 usuarios

$$P(70) = 24190 - 180,3(40) - 0,2297(40)(20)$$

$$P(70) \approx 16800,2 \text{ ms}$$

—

## 4. Resultado

$\text{Tiempo promedio estimado} \approx 16,8 \text{ s}$

—

## 5. Conclusión del Problema 2

El servidor presenta una disminución significativa en rendimiento conforme aumenta la carga. Para 70 usuarios, el tiempo de respuesta ( 16.8 s) es inapropiado para estándares actuales.

Se recomienda:

- Optimizar consultas SQL.
- Reducir carga en backend.
- Implementar caché de recursos estáticos.
- Mejorar configuración del servidor web.

## Conclusión General

Ambos estudios muestran que los sitios evaluados presentan cuellos de botella tanto en el renderizado de la interfaz (LCP) como en la capacidad del servidor (tiempo promedio de respuesta). La interpolación mediante Diferencias Divididas de Newton permitió predecir métricas críticas bajo condiciones intermedias y constituye una herramienta útil para la toma de decisiones técnicas.

Se concluye que las instituciones deben priorizar:

- Optimización del frontend (LCP, FCP, TTFB).
- Mejora del backend y manejo de concurrencia.
- Estrategias de aceleración web y reducción de carga.

## Anexos: Evidencias



Figura 1: Reporte Lighthouse 1



Figura 2: Reporte Lighthouse 2

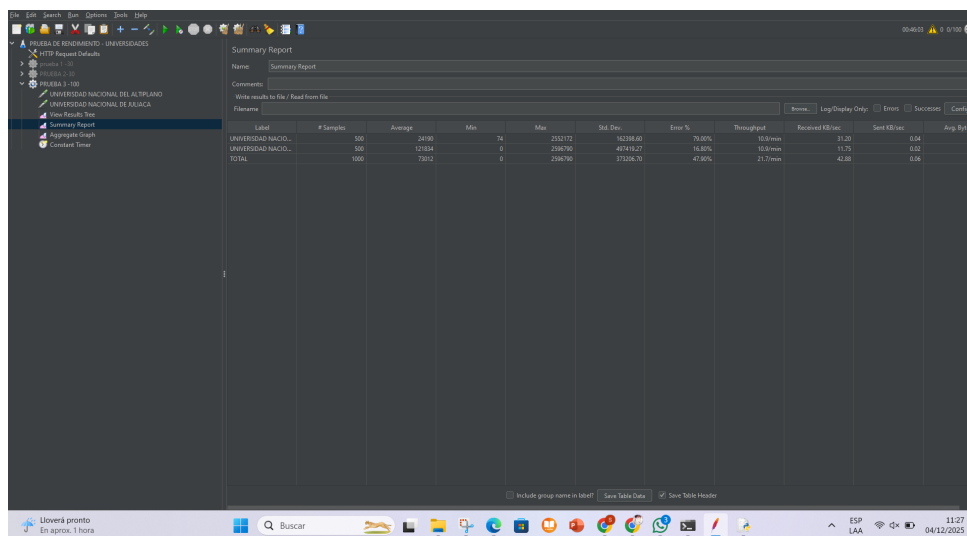


Figura 3: Prueba JMeter 1

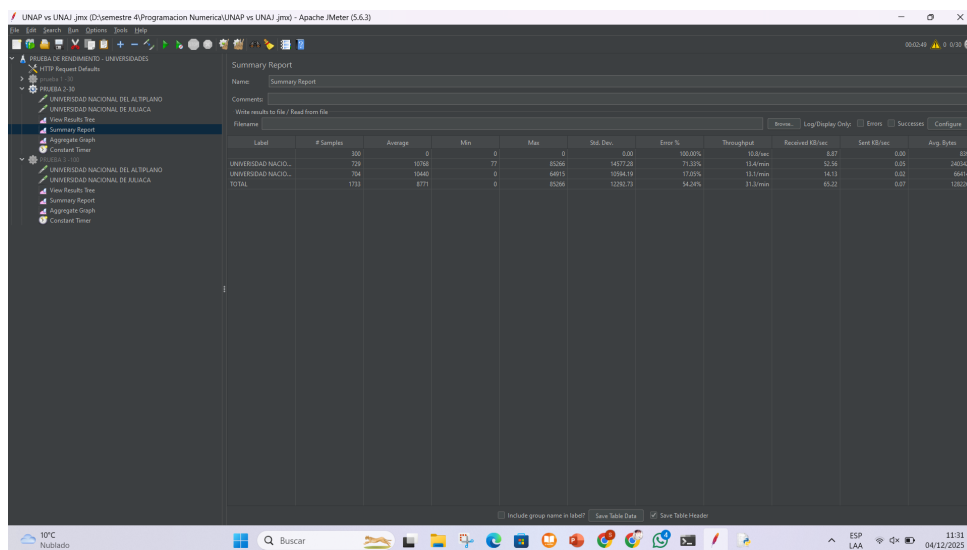


Figura 4: Prueba JMeter 2



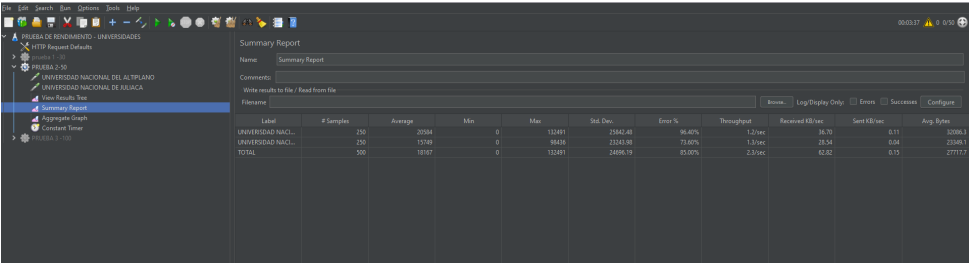


Figura 5: Prueba JMeter 3