

# ACSI

# 3º Sesión de Actividades

Medias  
Indices clásicos (CPI, MIPS y MFLOPS)  
Sistemas de referencia

Conceptos y Actividades  
para complementar Tema 3

# Medias

- \* Como ya estáis viendo, es necesario **sintetizar/reducir** todos los valores de una monitorización o unas muestras para tener un valor de referencia. Esto lo habéis hecho desde siempre:
  - \* ¿Cuál es la altura media de los estudiantes de una clase?
  - \* ¿... la edad media del profesorado?
  - \* ¿el gasto medio diario en llamadas telefónicas?
  - \* ...

# Medias

- \* Lo importante de realizar una media es su interpretación, no la fórmula a aplicar.

Application	Execution time		
	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14
sw4	10	24	16
sw6	12	26	18
sw7	22	10	20

Opción A:  
La media de esta fila nos proporciona el tiempo medio de ejecución de una aplicación sobre los tres sistemas  
Con la media de todas las filas, podríamos ver que aplicación es de media más rápida

# Medias

- \* Lo importante de realizar una media es su interpretación, no la formula a aplicar.

Application	Execution time		
	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14
sw4	10	24	16
sw6	12	26	18
sw7	22	10	20

**Opción B:**  
La media de esta fila nos proporciona el tiempo medio de ejecución de un sistema sobre diferentes cargas.  
Con la media de todas las columnas, podríamos ver que sistema es de media más rápido

# Medias

- \* Lo importante de realizar una media es su interpretación, no la formula a aplicar.

Application	Execution time		
	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14
sw4	10	24	16
sw6	12	26	18
sw7	22	10	20

Opción A:  
Nos permite comparar aplicaciones.  
Opción B:  
Nos permite comparar sistemas

- \* Por lo general, solemos preguntarnos por el sistema más rápido. Podríamos usar una simple suma de todos los tiempos siempre y cuando sea necesario realizar la ejecución de **todas** las aplicaciones.

	Execution time		
Application	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14
sw4	10	24	16
sw6	12	26	18
sw7	22	10	20
SUMA	80	90	84

SystemA es más rápido



\* Pero no es lo habitual, nunca ejecutamos todas las aplicaciones... de media no!  
Necesitamos usar medias: aritmética, armónica o geométrica.

	Execution time		
Application	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14
sw4	10	24	16
sw6	12	26	18
sw7	22	10	20
SUMA	80	90	84
M. Aritmética	12	15	15
Desviación	4,501851471	9,695359715	5,215361924
M. Armónica	12,40823635	<b>7,016491754</b>	11,85417483
M. Geométrica	12,8179587	<b>11,22162525</b>	13,00519779

SystemA es más rápido

\* Pero no es lo habitual, nunca ejecutamos todas las aplicaciones... de media no!  
Necesitamos usar medias: aritmética, armónica o geométrica.

	Execution time		
Application	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14
sw4	10	24	16
sw6	12	26	18
sw7	22	10	20
SUMA	80	90	84
M. Aritmética	12	15	15
Desviación	4,501851471	9,695359715	5,215361924
M. Armónica	12,40823635	<b>7,016491754</b>	11,85417483
M. Geométrica	12,8179587	<b>11,22162525</b>	13,00519779

SystemA es más rápido

La desviación es muy importante!  
¿Qué sistema es el segundo, B o C ?

\* Pero no es lo habitual, nunca ejecutamos todas las aplicaciones... de media no!  
Necesitamos usar medias: aritmética, armónica o geométrica.

	Execution time		
Application	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14
sw4	10	24	16
sw6	12	26	18
sw7	22	10	20
SUMA	80	90	84
M. Aritmética	12	15	15
Desviación	4,501851471	9,695359715	5,215361924
M. Armónica	12,40823635	<b>7,016491754</b>	11,85417483
M. Geométrica	12,8179587	<b>11,22162525</b>	13,00519779

SystemA es más rápido

La desviación es muy importante!  
¿Qué sistema es el segundo, B o C ?

el C

\* Pero no es lo habitual, nunca ejecutamos todas las aplicaciones... de media no!  
Necesitamos usar medias: aritmética, armónica o geométrica.

	Execution time		
Application	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14
sw4	10	24	16
sw6	12	26	18
sw7	22	10	20
SUMA	80	90	84
M. Aritmética	12	15	15
Desviación	4,501851471	9,695359715	5,215361924
M. Armónica	12,40823635	7,016491754	11,85417483
M. Geométrica	12,8179587	11,22162525	13,00519779

SystemA es más rápido

¿y estás dos medias?

¿Qué tipo de media es la más adecuada?

- Geométrica
- Armónica
- Aritmética

# Tipo de media?

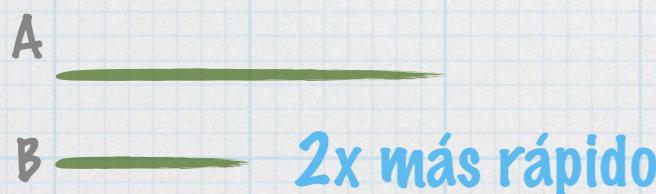
- \* Una métrica de rendimiento ha de ser lineal al tiempo.
- \* El **tiempo** es la única referencia que tiene un usuario para poder comparar lo que se tarda en ejecutar algo (tiempo de respuesta) y la cantidad de cosas que se pueden hacer (productividad)
- \* El tiempo de respuesta es un **tiempo (t)**
- \* La productividad es un **ratio ( $x/t$ )**

# Métricas de Rendimiento (linealidad)

## TIEMPOS (t)

- Mediciones PROPORCIONALES

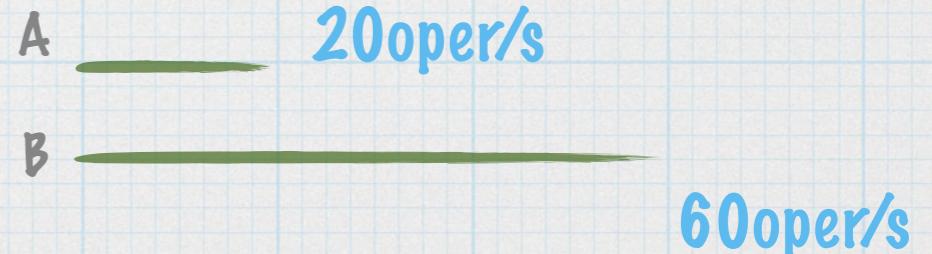
Nos interesan tiempos pequeños



## RATIOS (x/t)

- \* Inversamente proporcional al tiempo

Nos interesan ratios grandes



\* Veamos las tres métricas con más detalle...

# Media Aritmética

# Media Aritmética

$$\bar{x}_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{x}_{aw} = \sum_{i=1}^n w_i * x_i$$

Ponderada

- \* La m. aritmética ponderada nos permite dar más importancia a ciertas muestras.
- \* La importancia puede venir determinada por la utilización, coste o activo de una empresa.

¿Qué os interesa más en un ordenador: aplicaciones de juego o de programación?

# Media Armónica

# Media Armónica

$$\bar{x}_h = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}$$

$$\bar{x}_h = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{x_i}} \quad \text{Ponderada}$$

Planteamos el siguiente CASO REAL

¿Velocidad media de un viaje? (IDA+VUELTA) Cada trayecto es de 10km

- Trayecto IDA: “a patita”, velocidad de 5km/h
- Trayecto VUELTA: “bicicleta”, velocidad de 20km/h
- MEDIA ARITMÉTICA:  $(5+20)/2 = 12.5\text{km/h}$

El valor de 12.5 es correcto, pero no es representativo de lo que ha pasado! NO ES LINEAL AL TIEMPO

# Media Armónica

¿Velocidad media de un viaje? (IDA+VUELTA) Trayecto: 10km

- Trayecto IDA: “a patita” > 5km/h
  - Trayecto VUELTA: “bicicleta” > 20km/h
- 
- 10km a 5km/h = 2 horas
  - 10km a 20km/h = 0.5 horas
  - Tiempo total =  $2 + 1/2 = 2.5$  horas

Tiempo dedicado  
en cada trayecto

# Media Armónica

¿Velocidad media de un viaje? (IDA+VUELTA) Trayecto: 10km

- Trayecto IDA: "á patita" > 5km/h
- Trayecto VUELTA: "bicicleta" > 20km/h
- 10km a 5km/h = 2 horas ( $2/2.5 = 80\%$ )
- 10km a 20km/h = 0.5 horas = 1/2 hora ( $0.5/2.5 = 20\%$ )
- Tiempo total =  $2 + 1/2 = 2.5$  horas

% dedicado  
en cada trayecto  
en función del tiempo

Velocidad media =  $5\text{km/h} * 0.8 + 20\text{km/h} * 0.2 = 4 + 4 = 8 \text{ km/h} !!$   
(Media aritmética ponderada)

LA VELOCIDAD MEDIA !!!!!

# Media Armónica

¿Velocidad media de un viaje? (IDA+VUELTA) Trayecto: 10km

- Trayecto IDA: “a patita” > 5km/h
- Trayecto VUELTA: “bicicleta” > 20km/h

---

Velocidad media =  $2 / \{ 1/5\text{km/h} + 1/20\text{km/h} \}$

$$= 2 / 0.25 = 8 \text{ km/h}$$

(Media armónica)

$$\bar{x}_h = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}$$

La media armónica es la media correcta para ratios

¿Para qué se utiliza la  
media geométrica?

# Media Geométrica

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 x_2 \cdots x_n} = \left( \prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$\bar{x}_g = \left( \prod_{i=1}^n x_i * w_i \right)$$

CASO REAL

Ponderada

¿En qué banco depositaríais vuestros 5000€, en A o B?  
Bajo ese tipo de interes

5.000 €	BancoA	BancoB
1 año	3,00 %	1,00 %
2 año	1,00 %	1,00 %
3 año	0,50 %	1,00 %

# Media Geométrica

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 x_2 \cdots x_n} = \left( \prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$\bar{x}_g = \left( \prod_{i=1}^n x_i * w_i \right)$$

## CASO REAL

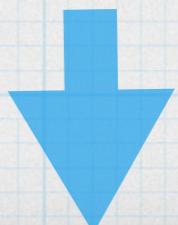
5.000 €	BancoA	BancoB
1 año	3,00 %	1,00 %
2 año	1,00 %	1,00 %
3 año	0,50 %	1,00 %
	5.227,51 €	5.151,51 €

1 año	5000	150 €
2 año	5.150 €	51,50 €
3 año	5.201,50 €	26,01 €
	5.227,51 €	

el primer año, ganamos 150€ por intereses  
el segundo año, hay más dinero acumulado!

La solución: A!

¿Y cómo hemos calculado todo esto?



# Media Geométrica

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 x_2 \cdots x_n} = \left( \prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

Ponderada

$$\bar{x}_g = \left( \prod_{i=1}^n x_i * w_i \right)$$

5.000 €	BancoA	BancoB
1 año	3,00 %	1,00 %
2 año	1,00 %	1,00 %
3 año	0,50 %	1,00 %
	5.227,51 €	5.151,51 €

Interés  
Medio

	BancoA	BancoB
1 año	1,03	1,01
2 año	1,01	1,01
3 año	1,005	1,01
M. Aritmética	1,01	1,01
M. Armónica	1,014885779	1,01
M. Geométrica	1,014942768	1,01

## Intereses totales

$$\text{Aritmética} = 5000 * (1.01^3 - 1) = 151,505$$

$$\text{Armónica} = 5000 * (1.014885779^3 - 1) = 226,62$$

$$\text{Geométrica} = 5000 * (1.014942768^3 - 1) = 227,51$$

# Media Geométrica

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 x_2 \cdots x_n} = \left( \prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

Ponderada

$$\bar{x}_g = \left( \prod_{i=1}^n x_i * w_i \right)$$

## CASO REAL

5.000 €	BancoA	BancoB
1 año	3,00 %	1,00 %
2 año	1,00 %	1,00 %
3 año	0,50 %	1,00 %
	5.227,51 €	5.151,51 €

	BancoA	BancoB
1 año	1,03	1,01
2 año	1,01	1,01
3 año	1,005	1,01
M. Aritmética	1,01	1,01
M. Armónica	1,014885779	1,01
M. Geométrica	1,014942768	1,01

## Intereses totales

$$\text{Aritmética} = 5000 * (1.01^3 - 1) = 151505$$

¿Qué ocurriría si en un fondo de inversión en un periodo tenemos perdidas -%?

$$\text{Geométrica} = 5000 * (1.0149^3 - 1) = 227,51$$

**EN RESUMEN**

SE USA:

- \* M. Aritmética en TIEMPOS (tiempo de servicio, respuesta, latencia, ...)
- \* M. Armónica: en RATIOS ( productividad, tps, fps, MIPS, MFLOPS, ...)
- \* M. Geométrica: DESAConSEJADA en rendimiento

# índices clásicos

- **CPI** - Ciclos por Instrucción
- **MIPS** - Millones Instrucciones por Segundo
- **MFLOPS** - Millones Instrucciones de punto flotante por segundo

# índices clásicos

- **CPI** - Ciclos por Instrucción
- **MIPS** - Millones Instrucciones por Segundo
- **MFLOPS** - Millones Instrucciones de punto flotante por segundo

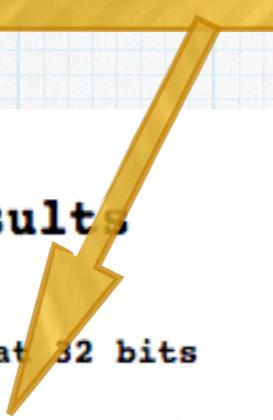
Estos índices se han ido utilizando durante años para comparar sistemas/equipos.

# Fijaros en la tabla donde se comparan CPUs se usan MFLOPS !

## Windows PC Normal Results

Double Precision 100x100 compiled at 32 bits

CPU	MHz	Opt MFLOPS	No opt MFLOPS
AMD 80386	40	0.53	0.36
80486 DX2	66	2.63	1.74
AMD 5X86	100	3.34	2.24
Pentium	75	7.56	4.04
Cyrix P150	120	10.08	8.75
Cyrix PP166	133	11.53	8.33
Pentium	100	12.07	5.40
IBM 6x86	150	12.87	8.29
Pentium	133	17.05	5.60
Pentium	166	19.89	6.86
Cyrix PR233	188	19.98	11.88
Pentium	200	22.80	8.10
Athlon XP	2080	764.03	136.05
Pentium M	1862	834.29	181.05
Pentium 4	3066	840.27	174.64
Athlon XP	2338	859.43	153.21
Athlon 64	2150	811.86	142.80
Athlon 64	2211	838.22	145.60
Core 2 Duo M	1830	997.68	111.41
Pentium 4	3678	1017.01	209.01
Core i5 2467M	0000	1064.70	315.46
Celeron C2 M	2000	1092.56	121.25
Core 2 Duo 1 CP	2400	1315.42	195.13
Phenom II	3000	1412.83	244.43
Core i7 930	****	1764.75	428.00
Core i7 860	####	2004.31	381.97
Core i7 3930K	&&&	2529.73	746.01
Core i7 4820K	\$\$\$1	2671.15	892.04
Core i7 4820K	\$\$\$2	2684.05	895.54
Core i7 3930K	OC	3112.94	926.92



Los MIPS o MFLOPS son utilizados desde siempre. Viene a ser la típica comparación que se hace con los coches: el tiempo que tardan de pasar de 0 a 100km/h

1. Dodge Challenger SRT Demon - 2,4 segundos.
2. Bugatti Chiron - 2,5 s.
3. Ariel Atom 350 R - 2,5 s.

Yo tengo un KIA: 11,1s

0\_0!

# índices clásicos

Tened en cuenta una cosa

- **CPI - Ciclos por Instrucción**
- **MIPS - Millones Instrucciones por Segundo**
- **MFLOPS - Millones Instrucciones de punto flotante por segundo**

¿Qué es una instrucción?

**CPI, MIPS y MFLOPS SON INDICADORES INCONSISTENTES**

# Ante esta situación, ¿qué podemos hacer?

- Las instrucciones dependen de la tecnología de cada fabricante de chips (Intel, AMD, Radeon, Nvidia,...) para diseñar sus instrucciones (instrucciones en ensamblador)
- Dentro de lo que cabe, es la única referencia posible...

Conceptos complementarios se tratan en Arquitectura de computadores (repertorio de instrucciones), y Compiladores

# Sistemas de referencia

# Sistemas de referencia

- \* Usar un “sistema” como referencia, es usar esos valores como los referentes (nuestro “1” matemático)
- \* Usemos el SistemaA como referencia

Application	Execution time		
	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14

# Sistemas de referencia

- \* Usamos el SistemaA como referencia
- \* En el fondo, calculamos las aceleraciones

Application	Execution time		
	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14



Application	Execution time		
	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10/10	8/10	6/10
sw2	12/12	2/12	10/12
sw3	14/14	20/14	14/14

# Sistemas de referencia

- \* Usamos el SistemaA como referencia
- \* En el fondo, calculamos las aceleraciones

Application	Execution time		
	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14



Application	Execution time		
	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	1	0,8	0,6
sw2	1	0,167	0,83
sw3	1	1,42	1

# Sistemas de referencia

Application	Execution time		
	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	10	8	6
sw2	12	2	10
sw3	14	20	14



Application	Execution time		
	SystemA	SystemB	SystemC
sw1	1	0,8	0,6
sw2	1	0,167	0,83
sw3	1	1,42	1

Los valores de esta nueva tabla **NO tienen UNIDADES!**  
En estudios “antiguos” se usaba la media geométrica  
pero es **MEJOR** usar la Media ARITMÉTICA

# ACTIVIDADES

# Actividad 2.0

Un estudio de evaluación de prestaciones pretende comparar el rendimiento obtenido por tres sistemas informáticos A, B y C. Para ello se han ejecutado dos programas de prueba, P1 y P2, cuyos tiempos de ejecución (en segundos) en cada sistema se reflejan en la tabla siguiente:

Programa	A	B	C
P1	20	10	40
P2	40	80	20

Se pide establecer una ordenación de los tres computadores, de mayor a menor rendimiento, utilizando las siguientes alternativas para resumir y comparar prestaciones:

- A. Suma del tiempo total de ejecución.
- B. La suma al referenciar los sistemas usando P2 como referente
- C. Media aritmética de los tiempos de ejecución; lo mismo con P2 como referencia.
- D. Media armónica de los tiempos de ejecución.
- E. Media geométrica de los tiempos de ejecución.

# Actividad 2.1

Instrukction category	gcc	javac	avg. CPI
load st	33 %	40 %	1.4
branch	16 %	8 %	1.8
jumps	2 %	2 %	1.2
FP add		5 %	2.0
FP sub		3 %	4.0
FP mul		6 %	5.0
FP div		3 %	19.0
Other	49 %	33 %	1.0

Calcular:

A. CPI medio de GCC

B. CPI medio de JavaC

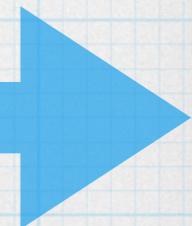
NOTA: Media CPI ponderada

# Actividad 2.2

Program	$S_1$	$S_2$	$S_3$	Number of instructions
1	33.4	28.8	28.3	$1.45 \times 10^{10}$
2	19.9	22.1	25.3	$7.97 \times 10^9$
3	6.5	5.3	4.7	$3.11 \times 10^9$
4	84.3	75.8	80.1	$3.77 \times 10^{10}$
5	101.1	99.4	70.2	$4.56 \times 10^{10}$

- A. Tiempo medio de ejecución
- B. Número medio de MIPS
- C. Aceleración media y relativa usando  $S_3$  como sistema de referencia
- D. Reflexionar si los resultados son representativos, ¿por qué?
- E. Repetir (A,B,C) con los siguientes pesos para cada programa:  
p1: 40%, p2: 35%, p3: 15%, p4 y p5: 5%

¿Cómo calcular correctamente los MIPS?



# ¿Cómo calcular los MIPS?

- \* Los MIPS son un ratio: INSTRUCCIONES/tiempo.
- \* Es necesario utilizar la media armónica

Program	$S_1$	$S_2$	$S_3$	Number of instructions
1	33.4	28.8	28.3	$1.45 \times 10^{10}$
2	19.9	22.1	25.3	$7.97 \times 10^9$
3	6.5	5.3	4.7	$3.11 \times 10^9$
4	84.3	75.8	80.1	$3.77 \times 10^{10}$
5	101.1	99.4	70.2	$4.56 \times 10^{10}$

$$\bar{x}_h = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}$$

$$MIPS_{S_1} = \frac{5}{\frac{1}{14.5/33.4} + \frac{1}{7.97/19.9} + \frac{1}{3.11/6.5} + \frac{1}{37.7/84.3} + \frac{1}{45.6/101.1}}$$



# Actividad 2.3

Instrucction category	Program	avg. CPI. MF	avg. CPI. MX
DB access ( SELECT, INSERT, DROP	10 %	6.0	2
search	15 %	4.0	4.5
computation	5 %	20.0	18
other	70 %	2.0	2.3

Ambos sistemas MF y MX tienen una frecuencia de 1MHz

A. Media de CPI para sistema MF y MX

B. Número medio de MIPS de cada sistema

**MIPS MF = “1MHz y CPI medio”**

**MIPS MF = M.Armonica { 1MHz y avg.  
CPI\*\*FILA } — SORRY!!**

# Actividad 2.4

Mobile	UX	CPU	RAM	GPU	IO
HTC	12	23	19	10	134
LG	10	19	9	20	425
Xiaomi	39	24	4	16	460
Motorola	23	23	32	18	680
% de la carga total	20%	30%	10%	20%	20%

El benchmark **Antutu** da una puntuación global como también una puntuación individual de cada test realizado sobre un dispositivo móvil. Las pruebas se agrupan en: User eXperience (UX), CPU, RAM, GPU y IO. Los valores no tienen unidades y los más pequeños representan desempeños inefficientes o más lentos que un valor mayor.

- A. ¿Cuál es la media aritmética ponderada y armónica ponderada de cada sistema?
- B. Considerando la media aritmética ponderada, ¿Cuál es la aceleración de cada sistema tomando como referencia el móvil LG?
- C. Los desarrolladores del HTC quieren mejorar sus resultados, ¿En qué dos grupos de pruebas deberían centrarse para conseguir un impacto mayor sobre la aceleración?
- D. Si esos dos componentes se mejoran un 230% y 190% más, ¿cuál es la nueva aceleración del HTC con referencia al móvil LG?