

UNIDADES EXPERIMENTALES UTILIZADAS EN PRUEBAS DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

*Luis Eduardo Espinosa Gallady
Christian Felipe Cano Castillo
Carlos Andrés Tavera Romero*

I. Introducción

Despues de definir las variables en el experimento, se requiere escoger los elementos a los que les modificarán factores (de manera controlada y planificada) para revisar su reacción y respuesta. En otras palabras necesitamos esa muestra que es necesario producir en una condición. Unidad que le aplica un único tratamiento, que puede resultar en la combinación de muchos elementos, en cada oportunidad del experimento.

Esos elementos son las unidades experimentales. En este capítulo se procederá a definir las unidades experimentales.

II. Marco Teórico

En etapas anteriores del estudio, se definió la *hipótesis*, y su forma de verificación, los tipos de *variables* usados y se explicaron las razones de su selección.

En la presente etapa, se exhibirá conceptos claves relacionados con las *unidades experimentales*, su definición y las múltiples formas de usarlas dentro del contexto de la *experimentación*.

Se podrá visualizar el funcionamiento, haciendo referencia a los tratamientos efectuados. Ver Tabla 11.

Tabla 11. Etapas del Estudio Comparativo

Estudio Comparativo entre lenguajes Textuales y lenguajes visuales. Caso: PiCO y GraPiCO	
Etapa 1	Elaboración de hipótesis en experimentos de lenguajes de programación.
Etapa 2	Variables en un experimento de lenguajes de programación.
Etapa 3	Unidades experimentales utilizadas en pruebas de lenguajes de programación.
Etapa 4	Tratamientos y replicas en un experimento de programación.
Etapa 5	Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) aplicado a los lenguajes de programación.
Etapa 6	La comunicación en el estudio comparativo entre lenguajes textuales y lenguajes visuales. Caso PiCO y GraPiCO.
Etapa 7	Sistematización de una experiencia de investigación entre la Comunicación Social y la Ingeniería de Software.
Etapa 8	Modelo de Sistematización propuesto “TCACI en doble vía”.
Etapa 9	Pasos en la realización de los audiovisuales pedagógicos: PiCO – GraPiCO y ejercicio de modelación.
Etapa 10	Estudio de resultados de PiCO y GraPiCO. Parte 1.
Etapa 11	Estudio de resultados de PiCO y GraPiCO. Parte 2.
Etapa 12	Recomendaciones y resultados del estudio entre PiCO, GraPiCO y editores.

Fuente: elaboración propia (2018).

Con los avances tan abrumadores de la tecnología actual se observa cada vez más el empleo de ambientes visuales, tal vez por el desarrollo de chips muy avanzados tales como procesadores, memorias, entre otros.

El usuario que con mayor regularidad tiene antes la posibilidad de una elevada inmersión en ambientes multimedia intuitivos (permiten al usuario sumergirse en los diversos sistemas sin que se percate) es capaz de acrecentar capacidades como el aprendizaje, la memoria, la pedagogía y los procesos cognitivos.

En el establecimiento de las *unidades experimentales o sujetos de estudio*⁵ del proyecto, tema de esta etapa, primero se observaron las diferentes tendencias y opiniones referentes al uso de los múltiples tipos de lenguajes de programación en las personas.

Luego, se establecieron las *unidades experimentales* y los medios que se usarían en el análisis (por ejemplo, el diseño y selección de un conjunto representativo de problemas solucionables desde la ciencia de la computación y la elaboración de un cuestionario que evaluara las nociones tratadas, para obtener la mayor retroalimentación posible del usuario).

Existen diversas formas de definir y referirse al *objeto de estudio* de un *experimento*, pero todas tienen una cosa en común, dicha expresión es utilizada y enfocada hacia la *experimentación*.

Todo *experimento* en su elaboración desde el inicio debe tener claros los **objetivos de estudio** o las *unidades experimentales*. Tienen múltiples formas de ser gestionadas; se asignan los diferentes *tratamientos* de acuerdo a ciertos criterios, de tal forma que cada uno tenga la misma probabilidad de tomar o recibir algún *tratamiento*.^{[2][1]} Las *unidades* definidas serán explicadas durante el desarrollo del escrito.

Algunos de los medios utilizados para el análisis de los sujetos de estudio son la *aleatorización*, *aleatorización por bloques*, *bloques aleatorios*, *bloquización totalmente aleatoria*, *diseño totalmen-*

5 Para efectos de este escrito, tanto "Sujetos de Estudio" como "Unidades Experimentales", significan: lo que en el experimento se desea estudiar o analizar.

te aleatorizado y completa aleatoriedad. Serán brevemente explicados más adelante.

A continuación, se mostrará una inducción a conceptos claves de este contexto. ^{[2][7]}

Para comenzar, el concepto de *punto muestral* se define como cada uno de los resultados de un experimento aleatorio agrupados en un espacio muestral. ^[7]

Luego, se debe tener en cuenta que *muestra aleatoria* hace referencia a las observaciones realizadas de forma independiente y al azar, teniendo en cuenta que la probabilidad de cada observación es la misma. ^{[4][6][1]}

El *muestreo* es el proceso mediante el cual se obtienen muestras para un experimento; sin embargo en lo que concierne a este documento, el *muestreo aleatorio* se define como el procedimiento empleado para seleccionar *muestras aleatorias* en un *experimento aleatorio*.

El *muestreo aleatorio simple* es una variación del *muestreo aleatorio*, de una forma simple se escogen *observaciones* al azar para conformar una *muestra aleatoria*. ^{[6][1]}

Para comprobar la *aleatoriedad* de las *muestras* se debe utilizar una *prueba de rachas*. El término racha hace referencia a un consecutivo de símbolos asignados a cada observación del experimento.

Se define como una prueba no paramétrica de aleatoriedad a la forma de encontrar algún parámetro en las rachas del proceso de muestreo. Sí se observa una cantidad grande o pequeña de rachas en ese parámetro, se dice que está en presencia de la ausencia de aleatoriedad. ^[6]

Una *variable aleatoria* también conocida como *Variable Estocástica* o *Función Estocástica*, es denotada por una letra mayúscula y hace referencia a un número real (representado por una letra minúscula) asociado a cada punto de un *espacio muestral* de un su-

ceso aleatorio. Cada uno de los *puntos muestrales* que conforman esta función posee su propia probabilidad de ocurrencia. ^{[5][6][1]}

Variable aleatoria discreta es una *variable aleatoria* que representa datos contabilizados, debido a que se le puede contar su conjunto de resultados posibles. Este tipo de variable sólo puede tomar valores enteros, es decir, un número finito o infinito de valores “numerables o contables” con probabilidad no nula. ^{[5][6][1]}

Variable aleatoria continua es una *variable aleatoria* que representa datos medidos; puede tomar valores en una escala continua. Con frecuencia, sus posibles valores son los mismos que contienen el *espacio muestral continuo*. ^{[5][6][1]}

Las *variables aleatorias* son estadísticamente independientes, si su probabilidad conjunta es igual al producto de sus respectivas probabilidades marginales. En el caso de las *variables aleatorias discretas*, supóngase que X y Y son *variables aleatorias discretas*. Si los sucesos $X = x$, $Y = y$ son sucesos independientes para todo x , y entonces se dice que X , Y son *variables aleatorias independientes*.

Las *variables aleatorias continuas* son *variables aleatorias independientes* si los sucesos:

$$X \leq x \qquad Y \leq y$$

Son sucesos independientes para todo x , y .

Las *variables aleatorias* pueden ser normalizadas de acuerdo a la definición: sea X una *variable aleatoria* con media μ y desviación típica σ ($\sigma > 0$), entonces se puede establecer una *variable aleatoria normalizada* como:

$$X^* = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

X^* es una cantidad adimensional o sin dimensiones que tiene media cero y varianza 1 (no tiene unidades aunque X las tenga).

Los valores de una *variable normalizada* se denominan algunas veces como referencias tipificadas (X está representada en unidades tipificadas). Son útiles para comparar diferentes distribuciones.

Los experimentos aleatorios son aquellos que tienen resultados diferentes a pesar de que las condiciones sean aproximadamente idénticas. Siempre existe la posibilidad de encontrar el error experimental a causa de la existencia de una diferencia entre las corridas u observaciones individuales (suelen existir fluctuaciones, implicando que la variable de respuesta es una variable aleatoria).

III. Teorías acerca del uso de las unidades experimentales

A continuación, se presentan algunas formas de gestionar y manipular las *unidades experimentales*. Estas teorías fueron tenidas en cuenta durante el desarrollo del estudio (la *aleatoriedad* fue muy utilizada en este estudio por las facilidades que ofrece cuando se debe controlar factores perturbadores que puedan poner en riesgo la práctica).

A. **Aleatorización**

La *aleatorización* es la asignación aleatoria de *tratamientos* a las *unidades experimentales*; de forma más general se define como la determinación al azar de la asignación del material experimental (orden en que se realizarán las corridas o ensayos individuales del experimento). Su importancia radica en la estimación válida de la varianza del error para los métodos de inferencia estadística, justificados en las *pruebas de hipótesis* durante el desarrollo de un *experimento*, permitiendo mitigar el riesgo de los factores perturbadores sobre el experimento.^[1]

Pasos para *aleatorizar*:

1. Primero, se debe asignar una secuencia de números a las *unidades experimentales*.^[2]

2. Luego, basta con obtener una permutación aleatoria de la secuencia de números y anotarlos en el orden de la permutación. Una permutación aleatoria se obtiene tomando una sucesión de números con dos o tres dígitos de una tabla de números aleatorios y ordenándolos de menor a mayor. Los números ordenados constituyen una permutación aleatoria. Cada número del proceso de permutación se iguala con el número asignado a la *unidad experimental* en el paso anterior. Esta permutación asegura que cada una de las asignaciones de tratamiento posible tiene la misma probabilidad de ocurrencia.^[2]
3. Por último, queda asignar una cantidad previamente determinada de números a cada *tratamiento* hasta finalizar la permutación anteriormente determinada, como por ejemplo los tres primeros números al primer tratamiento, los siguientes tres números al siguiente tratamiento y así sucesivamente.^[2]

B. **Diseño aleatorizado en bloques**

En este diseño los datos son tomados como una *muestra aleatoria* de una distribución normal. Consiste en colocar las *observaciones* en grupos homogéneos, de esta forma se clasifican por *bloques* y por *tratamientos*, teniendo siempre presente que la *aleatorización* es restringida debido a que las combinaciones de los tratamientos solo se aleatorizan dentro del *bloque*. Su principal propósito es reducir la variación dentro de los *tratamientos*.

C. **Bloques aleatorios**

Para este diseño es necesario tener un conjunto completo de *tratamientos* asignados a cada bloque. Consiste en introducir en orden aleatorio los *tratamientos* dentro de cada *bloque*. Una de sus ventajas es que permite controlar una fuente de error o variabilidad, principalmente la diferencia en bloques. ^[7]

D. **“Bloquización totalmente aleatoria” con un sólo criterio de bloquización**

Teniendo en cuenta que la *bloquización* es el agrupamiento de *unidades experimentales* para controlar la variación del entorno, se establece que el diseño proporciona un medio para reducir el error experimental, ya que usa una restricción única sobre la asignación aleatoria de los tratamientos a las múltiples *unidades experimentales*, siempre teniendo en cuenta que todos los *tratamientos* deben ocurrir igual número de veces en cada bloque.^[2]

E. **Diseño totalmente aleatorizado**

En este diseño, los *tratamientos* se asignan en las diferentes *unidades experimentales* al azar, todo esto siempre teniendo en cuenta que cada unidad experimental debe tener la misma posibilidad de recibir cualquier tratamiento. Su importancia se basa en que proporciona poco control sobre la variación del entorno.^[2]

F. **Completa aleatoriedad**

Este diseño consiste en asignar cada *tratamiento* en los diferentes bloques escogidos al azar. Una de sus ventajas es que utiliza la aleatoriedad para eliminar varias fuentes de error.^[7]

IV. Implementación

Durante la ejecución del *estudio comparativo* entre lenguajes visuales y textuales se realizaron dinámicas audiovisuales para la presentación de los conceptos técnicos de cada uno de los lenguajes de programación.

Se exhibieron temas muy importantes como el *empleo de restricciones*, el uso de *constructores*, *variables*, *valores*, *métodos*, *objetos* y *procesos concurrentes*. Se realizó un taller para modelar una situación cotidiana, con el fin de ofrecer una mejor forma de presentar las principales características de estos dos lenguajes y evaluar los niveles de captación de estos lenguajes en los participantes del estudio. Ambiente con muchos aspectos por controlar como la edad, el género, el nivel de escolaridad y la disposición de

los usuarios a estudiar, dando la validez al uso de la *aleatorización* para esta investigación.

Cabe aclarar previamente que algunas variables se verán repetidas, pero esto es debido a fueron usadas en dos micro-estudios, el del lenguaje textual y el del lenguaje visual.

De forma muy general, se pretende que el usuario dé su conocimiento y preferencia por los lenguajes de programación.

Durante la ejecución del *experimento* se determinó que para el manejo de las *unidades experimentales* en este caso era mejor el uso de *tratamientos*.

Se definieron como *unidades experimentales*: Nivel de asimilación (na), Nivel de comprensión (nc) y Nivel de aceptación (nat), representadas en las siguientes *variables*:

C. **Respecto a los lenguajes de programación:**

- Nivel de conocimiento en lenguajes de programación (nclp)
- Tipo de lenguaje de programación preferido (tlp)

A continuación, se presentan las *variables* correspondientes al conocimiento, frecuencia de uso e interés del usuario respecto al lenguaje visual (GraPiCO) sujeto a estudio.

D. **Respecto a los lenguajes de programación visual:**

- Nivel de conocimiento en lenguajes de programación visual (nclt)
- Frecuencia de uso de lenguajes de programación visual (fult)
- Interés en lenguajes de programación visual (ilt)

A continuación, se pueden visualizar las *variables* correspondientes al conocimiento, frecuencia de uso e interés del usuario respecto al lenguaje textual PiCO.

E. Respecto a los lenguajes de programación textual:

- Nivel de conocimiento en lenguajes de programación textual (nclt).
- Frecuencia de uso de lenguajes de programación textual (fult).
- Interés en lenguajes de programación textual (ilt)

Las siguientes *variables* permiten realizar *observaciones* sobre el nivel de comprensión del usuario respecto a cada constructor existente en los dos lenguajes sujetos a estudio PiCO y GraPiCO:

F. Respecto a los constructores de cada uno de los dos lenguajes en cuestión:

- Comprensión de “Program” (cp)
- Comprensión de “Context” (cc)
- Comprensión de “Objects” (co)
- Comprensión de “Methods” (cm)
- Comprensión de “Ask” (ca)
- Comprensión de “Tell” (ct)
- Comprensión de “MsgSend” (cms)
- Comprensión de “Value” (cv)
- Comprensión de “Variable” (cva)
- Comprensión de “Argument” (car)
- Comprensión de “Sender” (cse)
- Comprensión de “Forward” (cfo)

- Comprensión de “Operators” (cop)
- Comprensión de “Relations” (crel)
- Comprensión de “Constraints” (ccon)

Por último, están las *variables* que permiten obtener la retroalimentación del usuario respecto a los dos editores (textual y visual):

G. Respecto a cada uno de los dos editores, textual y visual:

- Claridad (ccla)
- Simbología (csim)
- Navegación (cnav)
- Estabilidad (iest)
- Diseño (idis)
- Modificabilidad (imod)
- Usabilidad (iusa)

Se presentarán algunas tablas, con el fin de poder visualizar el manejo dado a las *unidades experimentales* (algunas asignaciones de los *tratamientos* realizados a las *variables* que representan las *unidades experimentales*).

Tabla 12. *Tratamientos Realizados para GraPiCO y PiCO.*

			Tratamientos o cruces	
			Sexo	Edad
			se	e
Unidades experimentales	Nivel de conocimiento en lenguajes de programación	nclp		
	Tipo de lenguaje de programación preferido	tlp		
	Nivel de conocimiento en lenguajes de programación (visual o textual)	nclt		
	Frecuencia de uso de lenguajes de programación (visual o textual)	fulf		
	Interés en lenguajes de programación (visual o textual)	ilt		
	Comprensión de "Program"	cp		
	Comprensión de "Context"	cc		
	Comprensión de "Objects"	co		
	Comprensión de "Methods"	cm		
	Comprensión de "Ask"	ca		
	Comprensión de "Tell"	ct		
	Comprensión de "MsgSend"	cms		
	Comprensión de "Value"	cv		
	Comprensión de "Variable"	cva		
	Comprensión de "Argument"	car		

Unidades experimentales	Comprensión de "Sender"	cse	
	Comprensión de "Forward"	cfo	
	Comprensión de "Operators"	cop	
	Comprensión de "Relations"	crel	
	Comprensión de "Constraints"	ccon	
	Claridad GraPiCo	ccla	
	Simbología GraPiCo	csim	
	Navegación GraPiCo	cnav	
	Estabilidad GraPiCo	iest	
	Diseño GraPiCo	idis	
	Modificabilidad GraPiCo	imod	
	Usabilidad GraPiCo	iusa	

Fuente: elaboración propia (2018).

Tabla 13. *Tratamientos Realizados para GraPiCO y PiCO.*

			Tratamientos o cruces	
			Semestre	Universidad
			S	U
Unidades experimentales	Nivel de conocimiento en lenguajes de programación	nclp		
	Tipo de lenguaje de programación preferido	tlp		
	Nivel de conocimiento en lenguajes de programación (visual o textual)	nclt		
	Frecuencia de uso de lenguajes de programación (visual o textual)	fult		
	Interés en lenguajes de programación (visual o textual)	ilt		
	Comprensión de "Program"	cp		
	Comprensión de "Context"	cc		
	Comprensión de "Objects"	co		
	Comprensión de "Methods"	cm		
	Comprensión de "Ask"	ca		
	Comprensión de "Tell"	ct		
	Comprensión de "Objects"	co		
	Comprensión de "Methods"	cm		
	Comprensión de "Ask"	ca		

Unidades experimentales	Comprensión de "Tell"	ct		
	Comprensión de "Objects"	co		
	Comprensión de "Methods"	cm		
	Comprensión de "Ask"	ca		
	Comprensión de "Tell"	ct		
	Comprensión de "MsgSend"	cms		
	Comprensión de "Value"	cv		
	Comprensión de "Variable"	cva		
	Comprensión de "Argument"	car		
	Comprensión de "Sender"	cse		
	Comprensión de "Forward"	cfo		
	Comprensión de "Operators"	cop		
	Comprensión de "Relations"	crel		
	Comprensión de "Constraints"	ccon		
	Claridad GraPiCo	ccla		
	Simbología GraPiCo	csim		
	Navegación GraPiCo	cnav		
	Estabilidad GraPiCo	iest		
Diseño GraPiCo	idis			

Fuente: elaboración propia (2018).

Tabla 14. Otros tratamientos realizados.

		GraPiCO											
		cp	cc	co	cm	ca	ct	cms	cv	cva	car	cse	
PiCO	cp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	cc	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	co	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	ca	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	ct	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	cms	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	cv	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	cva	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	car	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	cse	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	cfo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	cop	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	crel	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	ccon	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	ccla	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	csim	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	cnav	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	iest	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	idis	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
imod	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
iusa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		cfo	cop	crel	ccon	ccla	csim	cnav	iest	idis	imod	iusa	
		GraPiCO											

Fuente: elaboración propia (2018).

V. Conclusión

En este documento se han presentado las *unidades* o *sujetos* experimentales que se utilizarán para el estudio comparativo entre lenguajes textuales y lenguajes visuales: Caso PiCO y GraPiCO.

Bloquear y *aleatorizar* son formas eficientes para asignar los tratamientos a las *unidades experimentales*, sin tener el problema de considerar un tratamiento en especial.

Para bloquear, se recomienda siempre que sea posible dividir las *unidades experimentales* en grupos de unidades similares. Y *aleatorizar* para prevenir los sesgos en este estudio comparativo.

Más adelante, se expondrá la temática correspondiente a los diferentes momentos del estudio:

Se describirá el uso dado a algunos tratamientos y las observaciones realizadas a estos.

En cuanto a la metodología pedagógica utilizada, se explicará el *Aprendizaje Basado en Proyectos*, el cual fue empleado en la realización del taller de modelamiento de los lenguajes de programación del presente estudio.

Y, por último, se presentará el análisis de los resultados obtenidos a partir de las encuestas como medio de retroalimentación.

VI. Bibliografía

- [1] D. C. Montgomery, Diseño y análisis de experimentos, Mexico D.F.: Limusa, 2004.
- [2] R. O. Kuehl, Diseño de experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones, Thomson Learning, México 2000.
- [3] Yañez, M; Gómez de la Vega, H; Valbuena, G., Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo. Reliability & Risk Management CA. ISBN: 980-12-12-0116-9, 2004.
- [4] R. E. Walpole, Probabilidad y estadística para ingenieros, Mexico D.F: Prentice Hall, 1998.
- [5] C. M. Cuadras, Problemas de Probabilidades y Estadística, Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias S.A., 1990.
- [6] A. L. Webster, Estadística aplicada a los negocios y la economía, Bogotá: Mc Graw Hill, 2001.
- [7] M. R. Spiegel, Probabilidad y Estadística, Mexico D.F.: McGraw-Hill, 1977.
- [8] C. C. George, Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos, McGraw-Hill, 1999.
- [9] C. Tavera y J. Díaz, Nuevo cálculo visual: GraPiCO, En II Congreso Colombiano de Computación, Universidad Javeriana. Bogotá, 2007.
- [10] C. Tavera y J. Díaz, Breve Discusión de las Ventajas de los Lenguajes Visuales frente a los Textuales: Caso de Estudio el Cálculo GraPiCO, En III Congreso Colombiano de Computación. Medellín, 2008.