

Experimento para evaluar el uso de patrones de negocio para facilitar la comprensión del modelo conceptual de un sistema de gobierno electrónico

Oscar Medina¹, Marcela Genero², Marcelo Marciszack¹, Alicia Bratti¹, Ana Strub¹

¹ Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba, Cruz Roja Argentina y Maestro López s/n, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina

² Universidad de Castilla-La Mancha, Paseo de la Universidad N°4, Ciudad Real, España.

{omedina, marciszack, gbratti, astrub}@frc.utn.edu.ar,
marcela.genero@uclm.es

Resumen. Los patrones son reconocidos como modelos exitosos que favorecen la reusabilidad, y es una de sus características, facilitar la comprensión de un modelo. Este artículo describe un experimento cuyo objetivo es corroborar si el uso de patrones de negocio mejora la comprensión del modelo conceptual de un sistema de gobierno electrónico. El experimento se realizó en el año 2021 con 33 estudiantes del tercer curso de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. Los resultados obtenidos evidencian que existen diferencias significativas en favor a la efectividad de la comprensión del modelo conceptual al utilizar patrones de negocio. En cambio, no hay diferencias relevantes en la eficiencia al utilizar, o no, patrones.

1. Introducción

Un patrón es una descripción de una solución común a un problema recurrente que puede ser aplicado a un contexto específico. Los patrones ayudan a aprovechar la experiencia colectiva de software especializado, donde los ingenieros representan la experiencia existente y probada en el desarrollo de sistemas.

Para Alexander [Alexander 1979], un patrón es una “solución generalizada que puede ser implementada y aplicada en una situación problemática y de ese modo a eliminar uno o más de los problemas inherentes con el fin de satisfacer uno o más objetivos”. Alexander propuso el término patrón en su libro “The Timeless Way of Building” en el año 1979. En 1994 se aplica el concepto de patrones al diseño de software en la obra “Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software” [Gamma et al. 1994], acorde al paradigma de la programación orientada a objetos.

Según Eriksson y Penker [Eriksson and Penker 2000], cada patrón se ocupa de un problema específico y recurrente en el diseño o implementación de un sistema de software. Los patrones se pueden utilizar para construir arquitecturas de software con propiedades específicas. Los patrones que se encuentran en un modelo de negocio se denominan patrones de negocio. Dichos autores afirman que los patrones de negocio permiten obtener los recursos del modelo, organizaciones, objetivos, procesos y normas de la empresa.

En el mismo sentido, el modelo conceptual de un sistema de información tiene como finalidad identificar y explicar los conceptos significativos en un dominio de problema, elicitando los atributos y las asociaciones existentes entre ellos [Sommerville 2011]. Los patrones que se aplican al modelado conceptual cumplen la función de reutilizar el conocimiento y experiencia de sistemas anteriores encapsulado en soluciones de análisis y diseño concretas, permitiendo la verificación y validación de los requerimientos funcionales. Los patrones permiten modelar el proceso de negocio como marco situacional en el cual se desarrollará un sistema. Es por ello que el empleo de patrones, al inicio del modelado conceptual, aporta una serie de beneficios significativos en la construcción del sistema, los cuales fueron observados en investigaciones anteriores [Marciszack et al. 2018, Medina et al. 2018, Medina et al. 2021].

El problema que intenta resolver la mencionada propuesta de modelado es la falta de reusabilidad de modelos de negocio que definan el marco para la construcción de un nuevo sistema de un mismo dominio, como por ejemplo el de gobierno electrónico. El uso de patrones de negocio en el modelo conceptual permitiría optimizar la reusabilidad que es además una de las dimensiones de la calidad de software.

Para comprobar dicha afirmación, el presente trabajo expone un experimento que se realizó con el objetivo de evaluar si el uso de patrones mejora o no la facilidad de comprensión del modelo conceptual de un sistema de gobierno electrónico real, comparándolos con el uso de descripción narrativa exclusivamente, o en combinación patrones de negocio más descripción narrativa.

De los resultados obtenidos en las anteriores investigaciones, se destaca un mapeo sistemático de la literatura sobre patrones aplicables al Modelado Conceptual de sistemas de información [Medina et al. 2022b]. En este estudio se pudo identificar los tipos de patrones más relevantes que se aplican en el modelado de sistemas que son los patrones de diseño, negocio, análisis, arquitectura y escenario. Se destacan los patrones de diseño, que son los primeros patrones definidos en Ingeniería de Software; y los patrones de Negocios, debido a que se utilizan para la especificación de procesos en la fase de modelado. Es por ello que se utilizaron patrones de negocio en el experimento.

Se analizó la facilidad de comprensión porque es una de las características de la reusabilidad [Manso 2009], ya que la comprensión es la facultad que posibilita percibir y asimilar un fenómeno, objeto o concepto. Esto nos permite luego reutilizarlo, adaptándolo al contexto si fuera necesario.

El experimento se llevó a cabo con 33 estudiantes del tercer curso de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la U.T.N. – F.R.C. (Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba) de Argentina en el mes de abril de 2021. Para planificar, ejecutar y reportar este experimento, se siguieron las recomendaciones proporcionadas en [Wohlin et al. 2012, Genero et al. 2014]. Todo el material utilizado en el experimento se encuentra disponible en el sitio web del Centro de Investigación [Medina et al. 2022a].

El resto del artículo está estructurado de la siguiente manera. En la sección 2 se presenta la planificación del experimento. En la sección 3 se describe las características principales de la ejecución del experimento, mientras que en la sección 4 se desarrolla el análisis e interpretación de resultados recopilados en la ejecución, y en la sección 5 se analiza las amenazas a la validez del experimento. Finalmente, en la sección 6 se presenta las conclusiones y los trabajos futuros.

2. Planificación del experimento

La planificación de un experimento, al formular un planteamiento adecuado del problema, ayuda a asegurar que se estén evaluado las variables correctas. A continuación, se detallan los componentes de la planeación de este experimento: la selección del contexto, sujeto y variables del experimento, formulación de hipótesis, diseño experimental, instrumentación y tareas experimentales.

2.1. Selección del contexto

El contexto elegido para este experimento es un entorno académico y trata sobre el modelo conceptual de un sistema real de gobierno electrónico.

Como a la fecha del experimento, en la U.T.N. – F.R.C. se desarrollaban las clases en modalidad virtual por la pandemia del COVID 19, todas las actividades del experimento se realizaron vía internet utilizando las plataformas académicas habituales que son “Zoom” para el dictado del taller de formación y la ejecución del experimento, y el sistema “Moodle” de aula virtual de la U.T.N. – F.R.C. para la gestión de cuestionarios y materiales utilizados en el experimento.

Los objetos experimentales consistieron en dos patrones de negocio: 1) patrón de objetivos (ver Figura 1), 2) estructura básica del proceso y proceso de interacción; y la descripción narrativa de un sistema de gobierno electrónico.

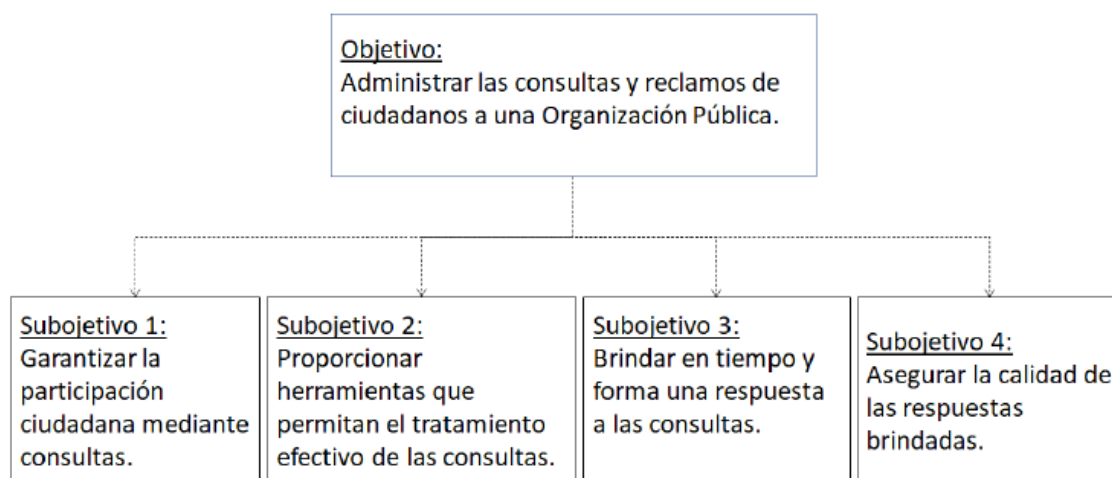


Figura 1. Diagrama del patrón “Gestión de consulta de ciudadanos – Objetivos”

En [Medina et al. 2022a], se puede apreciar con detalle el material del sistema gestión de consulta de ciudadanos que se empleó en el experimento. Sólo se utilizaron estos dos tipos de patrones de negocio porque son los más adecuados, según Eriksson & Penker [Eriksson and Penker 2000], para modelar procesos que soportan a productos de software y lo realizan en el nivel de mayor abstracción del modelo conceptual.

Los patrones utilizados modelan un sistema de gestión de consultas de ciudadanos de un organismo público regional que administra la seguridad previsional de los empleados del estado provincial de Córdoba, Argentina. Los objetos experimentales son parte de los resultados de un proyecto de investigación que fueron transferidos formalmente de la U.T.N. – F.R.C. al organismo público [PDTs 2022]. El patrón de objetivos desagrega el objetivo principal en cuatro subobjetivos con sus correspondientes

problemas y soluciones implementadas. El patrón de estructura básica del proceso es un patrón de negocio que permite expresar el concepto principal del proceso considerando el suministro de recursos, el objetivo a alcanzar y la transformación de entradas en salidas. Por último, el patrón proceso de interacción detalla múltiples interacciones que ocurren entre los diferentes procesos de negocio. La descripción narrativa es una síntesis de la documentación funcional del sistema.

Como sujetos se escogieron estudiantes del tercer curso de Ingeniería en Sistemas de Información, como representantes de ingenieros de software principiantes.

2.2. Selección de sujetos

En el experimento participaron 33 estudiantes de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información. Los estudiantes cursan la asignatura Gestión de mejora de procesos, asignatura electiva de tercer año que tiene por objetivo adquirir conocimientos que permitan analizar y diseñar procesos de negocio, basados en el concepto de mejora continua, y gestionar los cambios.

Se considera que el conocimiento adquirido sobre modelado conceptual en la carrera es suficiente para que los estudiantes puedan interpretar los patrones de negocio y la descripción narrativa del sistema seleccionado. Además, previo a la ejecución del experimento, se dictó un taller sobre utilización de patrones para comprender procesos de negocio, con el fin de unificar conceptos, y se solicitó a los sujetos responder un pre-cuestionario con calificación numérica [Medina et al. 2022a].

Los 33 sujetos se dividieron en tres grupos de 11 estudiantes cada uno: GP de sólo patrones, GN de sólo descripción narrativa y GPN de patrones más descripción narrativa. Se utilizó la calificación del pre-cuestionario para lograr grupos balanceados con respecto al nivel de conocimiento sobre el modelado conceptual de sistemas de información. Los sujetos participaron voluntariamente y se seleccionaron por conveniencia, es decir todos los sujetos disponibles en dicha asignatura.

Para evitar el temor a la evaluación, que podrían causar amenazas a la validez del experimento, se les comunicó a los sujetos que no serían evaluados por su rendimiento en la resolución de las tareas del experimento. Asimismo, para evitar ausentismo se les dijo a los estudiantes que tareas similares se iban a incluir en los exámenes finales de la asignatura.

Como en esta ocasión se desea validar una tecnología emergente, en cuanto al uso de patrones en el modelado conceptual de sistemas, es válida la justificación de Kitchenham [Kitchenham et al. 2002] y Svahnberg [Svahnberg et al. 2008] de realizar experimentos con estudiantes cumpliendo el rol de ingenieros de software no expertos. Los beneficios adicionales de la selección de estos sujetos son: el nivel de conocimientos homogéneo previo al experimento, la disponibilidad de un número importante de sujetos y la oportunidad de obtener evidencias de una primera validación de la hipótesis en un entorno académico.

2.3. Selección de variables

La variable independiente (también denominada factor principal) es el “Tipo de descripción conceptual”, que es una variable nominal que toma tres valores: P (sólo patrones), N (sólo descripción narrativa) y PN (patrones más descripción narrativa).

La variable dependiente es la “Facilidad de comprensión”, que se evalúa utilizando las siguientes medidas:

- Efectividad de la Facilidad de comprensión (Efec-Fc): Esta medida está relacionada con la corrección de las respuestas dadas al cuestionario presentado en la Tabla 1 y representa la habilidad de comprender correctamente el proceso que da soporte al sistema seleccionado. Se calcula de la siguiente manera: $(\text{Número de respuestas correctas} - \text{Número de preguntas respondidas}) / \text{Número de preguntas}$. Cada pregunta respondida puede tener 3 valores de respuesta: 1 si es correcta, 0,5 si es parcialmente correcta y 0 si es incorrecta. Se considera que mientras mayor sea su valor, mayor será la Efectividad de la Facilidad de comprensión.
- Eficiencia de la Facilidad de comprensión (Efic-Fc): Esta variable está relacionada con el tiempo y con la corrección y representa el Número de respuestas correctas por unidad de tiempo. Se calcula de la siguiente manera: $(\text{Número de respuestas correctas} - \text{Número de preguntas respondidas}) / \text{tiempo}$.

2.4. Formulación de hipótesis

Se formulan las siguientes hipótesis relacionadas con las dos medidas de las dos variables dependientes propuestas, Efec-Fc y Efic-Fc, respectivamente:

- $H_{1,0}$: No existe una diferencia significativa en la Efectividad de los sujetos al realizar tareas de comprensión de modelado conceptual, cuando usan sólo patrones de negocio (P), sólo descripción narrativa (N) o en conjunto, patrones de negocio más descripción narrativa (PN). $H_{1,1} : \neg H_{1,0}$.
- $H_{2,0}$: No existe una diferencia significativa en la Eficiencia de los sujetos al realizar tareas de comprensión de modelado conceptual, cuando usan sólo patrones de negocio (P), sólo descripción narrativa (N) o en conjunto, patrones de negocio más descripción narrativa (PN). $H_{2,1} : \neg H_{2,0}$.

2.5. Diseño experimental

Se seleccionó un diseño inter-sujetos equilibrado, es decir se asigna un solo tratamiento por sujeto y cada tratamiento se asigna al mismo número de sujetos.

Se intentan mitigar ciertas amenazas inherentes al diseño inter-sujetos. Por ejemplo, para mitigar el efecto de la experiencia, por ello se asignan aleatoriamente los sujetos a cada tratamiento distribuyendo en grupos balanceados de sujetos con el mismo nivel de conocimiento. De esta manera, como se mencionó anteriormente, se conformaron tres grupos: GP, GN y GPN.

2.6. Instrumentación y tareas experimentales

En la instrumentación se prepararon los objetos experimentales que constaban de los patrones de negocio y la descripción narrativa del sistema de gobierno electrónico seleccionado, un sistema de gestión de consultas de ciudadanos de un organismo público regional que administra la seguridad previsional de los empleados del estado provincial de Córdoba, Argentina.

Para la tarea experimental que debían hacer cada uno de los sujetos se diseñó un cuestionario con diez preguntas para evaluar la comprensión del modelo conceptual

elegido (ver Tabla 1). Las preguntas seleccionadas se consideraron representativas de la actividad de modelado que realiza inicialmente un ingeniero de software antes de construir una nueva aplicación. La corrección de cada pregunta respondida puede tener tres valores: 1 si es correcta, 0,5 si es parcialmente correcta y 0 si es incorrecta. La máxima puntuación que se puede obtener es de diez puntos, si todas las preguntas son respondidas correctamente.

Tabla 1. Cuestionario del experimento

Id	Preguntas	Fuentes	Respuestas
P1	¿Cuál es el objetivo principal del sistema?	Patrón de objetivos, patrón estructura básica del proceso y descripción narrativa	Administrar las consultas y reclamos de ciudadanos a una Organización Pública
P2	¿Cuál es/son la/s salida/s principal/es del sistema?	Patrón estructura básica del proceso y descripción narrativa	Respuesta a la consulta
P3	¿Cuál es el recurso que aporta el área de Recursos Humanos para la implementación del sistema?	Patrón estructura básica del proceso, patrón proceso de interacción y descripción narrativa	RR.HH. y Capacitación
P4	¿Cuál es el beneficio más importante que garantiza el sistema?	Patrón de objetivos y descripción narrativa	Garantizar la participación ciudadana mediante consultas
P5	¿Cómo se resuelve la limitación habitual de expresar una consulta mediante la escritura de un texto?	Patrón de objetivos y descripción narrativa	Permitir adjuntar imágenes o archivos para completar y respaldar la consulta
P6	¿Se comunica al ciudadano por cada intervención a su consulta antes de cerrarla?	Patrón de objetivos y descripción narrativa	Notificación al ciudadano por diferentes medios simultáneamente: mail, mensaje de texto y sistema
P7	¿Cómo se consigue la identificación correcta del motivo de la consulta?	Patrón de objetivos y Narrativa	Ayuda interactiva para identificar el motivo de la consulta
P8	¿Cuál es el principal beneficio de la publicación del sistema en Internet?	Patrón de objetivos y descripción narrativa	Acceso al sistema de consultas de ciudadanos en línea 7 x 24
P9	¿Cómo se evalúa la calidad, profesionalidad y atención adecuada del personal de la Institución?	Patrón de objetivos y descripción narrativa	Calificación del ciudadano por la respuesta recibida
P10	¿Con qué funcionalidad se comprueba si el trámite resultó ágil y en tiempo para el ciudadano?	Patrón de objetivos y descripción narrativa	Elaboración de indicadores que permitan medir los tiempos de respuesta en el proceso

También se diseñó un cuestionario post-experimento que deben responder los sujetos una vez completado el cuestionario del experimento, con el objetivo de obtener la percepción de los sujetos sobre la ejecución del experimento, que podría ser útil para interpretar y explicar los resultados obtenidos en el cuestionario principal. Este cuestionario consta de seis preguntas con respuesta de tipo Likert de 5 puntos y una pregunta con respuesta de tipo Likert de 3 puntos como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Cuestionario post-experimento

Id	Preguntas	Valoración de las respuestas
PP1	Dificultad de las preguntas	(1–5)
PP2	¿El taller de formación fue suficiente para realizar la tarea?	(1–5)
PP3	¿Las preguntas que respondí estaban claras para mí?	(1–5)
PP4	No tuve dificultad para interpretar los patrones	(1–5)
PP5	No tuve dificultad para interpretar la descripción narrativa	(1–5)
PP6	Los diagramas de patrones fueron útiles	(1–5)
PP7	Tuve tiempo suficiente para responder las preguntas	(1–3)
1 = muy fácil; 2 = fácil; 3 = media; 4 = difícil; 5 = muy difícil (PP1)		
1 = muy de acuerdo; 2 = de acuerdo; 3 = neutral; 4 = en desacuerdo; 5 = muy en desacuerdo (PP2, PP3, PP4, PP5, PP6)		
1 = tuve más tiempo del necesario; 2 = tiempo suficiente; 3 = no me alcanzó el tiempo (PP7)		

Vale aclarar que las preguntas PP4 y PP6 sólo se hicieron a los grupos GP y GPN, y la pregunta PP5 sólo se hizo a los grupos GN y GPN.

3. Ejecución del experimento

Dos semanas antes de la ejecución del experimento, con el fin de revisar el material experimental y el tiempo necesario para realizar el experimento, se llevó a cabo una prueba piloto con tres docentes investigadores de la U.T.N. – F.R.C.

El experimento se ejecutó en una sesión de “Zoom” y los sujetos fueron supervisados por la coordinadora de la asignatura Gestión de mejora de procesos y por el autor del diseño del experimento. Se realizaron dos actividades en diferentes días.

El primer día, 8 de abril de 2021, se dictó un taller de formación de utilización de patrones para comprender procesos de negocio. La duración del taller fue de una hora y se brindó un ejemplo con una tarea similar a la del experimento. Al finalizar el taller, los sujetos completaron un breve pre-cuestionario para evaluar sus conocimientos y conformar de esta manera grupos homogéneos para el experimento. Para completar este último contaron con quince minutos adicionales. En síntesis, la actividad tuvo una hora quince minutos de duración en total.

Se obtuvo la nota final de la asignatura Análisis de sistemas, de segundo año, de cada estudiante que completó el pre-cuestionario. Se confeccionó la tabla de orden de mérito, promediando la mencionada nota final con la calificación del pre-cuestionario, asignando a cada sujeto un grupo del cuestionario del experimento. Es decir, el primer sujeto se asignó al grupo GP, el segundo al grupo GN, el tercero al grupo GPN, el cuarto al grupo GP y así sucesivamente, para obtener grupos balanceados.

El segundo día, 22 de abril de 2021, se ejecutó el experimento propiamente dicho. Ingresaron los sujetos la sesión de “Zoom” y se explicó el procedimiento de la actividad. A partir de ese momento no se permitió la comunicación entre los sujetos y se les comunicó que cualquier duda debe resolverse con el autor del experimento, que para ellos cumple el rol de docente de esa actividad áulica.

Los sujetos se dividieron en tres grupos balanceados, de 11 estudiantes cada uno, teniendo en cuenta los resultados del pre-cuestionario. A continuación, los sujetos accedieron al material para realizar la actividad del experimento que se encontraba en el sistema “Moodle” de aula virtual de la U.T.N. – F.R.C. El material de los sujetos del

grupo GP se compuso de sólo patrones, el material del grupo GN fue sólo descripción narrativa y el material del grupo GPN consistió en patrones más descripción narrativa.

A partir de que los sujetos accedieron al material se les pidió que completaran el cuestionario presentado en la Tabla 1. Además, se midió el tiempo en forma automática por el sistema de aula virtual, desde que se dio acceso al material hasta que cada sujeto envió el cuestionario, para así obtener los valores de las dos variables dependientes: Efec-Fc y Efic-Fc. Se iniciaron las tareas de lectura y comprensión del modelo conceptual presentado, del rellenado del cuestionario detallado en la Tabla 1 y la medición de tiempos.

Una vez completada esta tarea, se dio acceso a los sujetos el cuestionario post-experimento correspondiente al grupo al que pertenecían. Para la realización de todas estas tareas se dispuso de un máximo de dos horas. Los estudiantes que en ese plazo no enviaron el cuestionario del experimento, se les registró el cuestionario con las preguntas que hayan completado y se le dio acceso al cuestionario post-experimento. Para completar este último contaron con quince minutos adicionales. En síntesis, la actividad tuvo dos horas quince minutos de duración en total.

Para evitar posibles sesgos no se develó el carácter experimental de la actividad, aunque se les dijo a los sujetos que esta actividad de formación es una experiencia piloto sobre una metodología emergente de modelado conceptual de sistemas de información. Además, se les comunicó que el resultado de las tareas era confidencial, que no iban a ser evaluados por su rendimiento en el cuestionario de la actividad, y que tareas similares se incluirían en la evaluación de la asignatura. También se les informó que iba a estar disponible, bajo petición a los autores, el informe donde se documenten los resultados de esta actividad.

Después de la ejecución del experimento, se recolectaron todos los datos en una tabla diseñada para tal fin, en el que se le otorga a cada respuesta un punto si es correcta, 0,5 punto si es parcialmente correcta y cero si es incorrecta (ver Tabla 1). Se buscaron valores atípicos y se observó si todos los sujetos respondieron todas las preguntas en el tiempo asignado.

4. Análisis e interpretación de resultados

En primer lugar, se realizó un estudio de los estadísticos descriptivos correspondientes a las medidas de las variables dependientes (Efec-Fc y Efic-Fc) para describir y resumir los valores de éstas: media, mediana y desviación estándar (ver sección 4.1).

Con el fin de decidir si utilizar test paramétricos o no-paramétricos, para probar las hipótesis, se analizó si los datos tenían una distribución normal o no, utilizando el test de Kolmogorov y también se analizó la homogeneidad de las varianzas con la prueba F de igualdad de varianzas (ver sección 4.2).

Finalmente se realizó el test no paramétrico Kruskal-Wallis para probar las hipótesis (ver secciones 4.3 y 4.4).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el análisis de datos que se efectuó utilizando el paquete estadístico “*InfoStat*” [Di Rienzo et al. 2022].

4.1. Análisis de los estadísticos descriptivos

La Tabla 3 muestra los estadísticos descriptivos correspondientes a las dos medidas de las variables dependientes (Efec-Fc y Efic-Fc). En esta tabla se presentan las siguientes columnas: N (número de sujetos), $\bar{X}$ (media), Mediana y DS (desviación estándar).

Analizando el contenido de la Tabla 3, se puede observar que las medias son mejores cuando los sujetos usan patrones (P) respecto de los otros tratamientos: cuando se usan patrones de negocio más descripción narrativa en conjunto (PN) o sólo descripción narrativa (N). Aunque las diferencias son menores en las medidas de la variable Efic-Fc respecto las medidas de la variable Efec-Fc, en síntesis, con el uso de patrones se obtienen mejores valores en cuanto Efectividad, y también con diferencias leves en Eficiencia, al realizar tareas de comprensión de modelado conceptual.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de Efec-Fc y Efic-Fc

Tratamiento	N	Efec-Fc			Efic-Fc		
		$\bar{X}$	Mediana	DS	$\bar{X}$	Mediana	DS
P	11	0,8045	0,8500	0,1214	0,0262	0,0253	0,0114
PN	11	0,7409	0,7500	0,1044	0,0206	0,0203	0,0048
N	11	0,6136	0,7500	0,2335	0,0180	0,0182	0,0089

4.2. Prueba de normalidad y análisis de homogeneidad de varianzas

Se realizaron las pruebas de Kolmogorov para determinar la normalidad de las variables dependientes [Medina et al. 2022a]. Al usar Kolmogorov para las variables Efec-Fc y Efic-Fc, al ser el p-valor menor a 0,05 se rechaza la H_0 , hipótesis nula, que establece la normalidad de la distribución de ambas. Esto indica que estas variables no tendrían distribución normal.

A continuación, se procedió a analizar la homogeneidad de varianzas con la prueba F para igualdad de varianzas [Medina et al. 2022a]. Se observó para las variables Efec-Fc y Efic-Fc que, al existir algún p-valor menor a 0,05, se rechaza la H_0 que establece la homogeneidad entre varianzas.

Como ambas variables dependientes (Efec-Fc y Efic-Fc) no presentan una aproximación a la distribución normal y no hay homogeneidad de varianzas, se decidió utilizar el test no paramétrico Kruskal-Wallis para probar las hipótesis.

4.3. Pruebas de las hipótesis de la Efectividad de la de la Facilidad de comprensión (Efec-Fc)

Se ejecutó la prueba de tipo no paramétrica Kruskal-Wallis. En el análisis se observó para la variable Efec-Fc que, al ser el p-valor igual a 0,0497 (ver Tabla 4), o sea menor a 0,05, se puede rechazar la $H_{1,0}$ que establece que no existe una diferencia significativa en la Efectividad de los sujetos al realizar tareas de comprensión de modelado conceptual al usar los distintos tipos de tratamientos: cuando se usan sólo patrones de negocio (P), sólo descripción narrativa (N) o patrones de negocio más descripción narrativa en conjunto (PN).

Tabla 4. Resultado del test de Kruskal-Wallis para Efec-Fc

Variable	N	H	p-valor
Efec-Fc	33	5,78	0,0497

Es decir que existen diferencias en la Efectividad al usar los distintos tipos de tratamientos y, de acuerdo con el análisis descriptivo, sería mejor el que presenta la media más alta. En orden descendente: P es más efectivo que PN, y PN es más efectivo que N como se puede observar en la Tabla 3.

4.4. Pruebas de las hipótesis de la Eficiencia de la de la Facilidad de comprensión (Efic-Fc)

Se ejecutó la prueba de tipo no paramétrica Kruskal-Wallis para corroborar la hipótesis $H_{2,0}$ correspondiente a la variable Efic-Fc (ver Tabla 5). Como el p-valor es mayor a 0,05 (0,3862) no se puede rechazar dicha hipótesis nula. Es decir que no existen diferencias en la Eficiencia al realizar tareas de comprensión de modelado conceptual indistintamente si se usan patrones de negocio o descripción narrativa.

Tabla 5. Resultado del test de Kruskal-Wallis para Efic-Fc

Variable	N	H	p-valor
Efic-Fc	33	1,90	0,3862

Es decir que no existen diferencias en la Eficiencia al realizar tareas de comprensión de modelado conceptual indistintamente si se usan patrones de negocio o descripción narrativa.

4.5. Resultados del cuestionario post-experimento

El análisis de las respuestas recogidas en el cuestionario post-experimento revelan que la mayoría de los sujetos consideraron a las preguntas del experimento de dificultad media. Los sujetos estuvieron en su mayoría de acuerdo en la claridad de las preguntas y percibieron que fue suficiente o más del necesario la adecuación del tiempo para realizar la actividad. La mayoría de los sujetos estuvieron de acuerdo y muy de acuerdo con respecto a la adecuación del taller de formación dictado previamente al experimento [Medina et al. 2022a].

En cuanto a la facilidad para interpretar patrones, la mayor cantidad de sujetos opinaron que fue neutral y muy de acuerdo como se aprecia en la Figura 2.



Figura 2. Facilidad para interpretar los patrones

La mayoría de los sujetos estuvo de acuerdo con la facilidad para interpretar la narrativa (ver Figura 3) y muy de acuerdo con la utilidad de los diagramas de patrones para la comprensión del modelo conceptual de un sistema de gobierno electrónico (ver Figura 4).

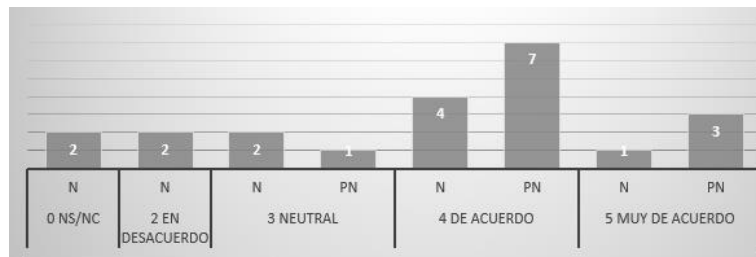


Figura 3. Facilidad para interpretar la descripción narrativa

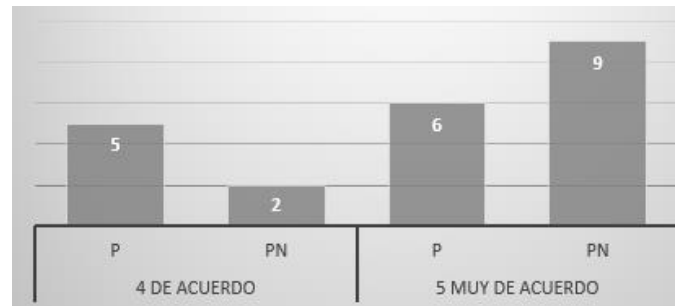


Figura 4. Utilidad de los patrones

Estas percepciones recogidas de los sujetos mostraron mejores resultados en cuanto a la facilidad de comprensión al utilizar patrones.

5. Evaluación de la validez del experimento

Para asegurar la validez de los resultados correspondientes a un experimento controlado, se llevaron a cabo distintas acciones para paliar las posibles amenazas según las recomendaciones propuestas en [Wohlin et al. 2012, Neto y Conte 2013].

Para este experimento se adoptaron acciones agrupadas en cuatro tipos de validez: interna, externa, de constructo y de las conclusiones, que se explican a continuación.

5.1. Validez interna

Representa el grado de confianza con el que pueden extraerse conclusiones en la relación causa efecto, en este caso entre la variable independiente respecto de las dependientes.

Para este experimento se conformaron grupos homogéneos de sujetos en cuanto al conocimiento teórico del modelado conceptual de sistemas y se contempló el temor a la evaluación.

Además, los sujetos manifestaron en el cuestionario post-experimento que el material que el material que recibieron y las tareas estaban bien explicadas, lo que se había corroborado previamente en la prueba piloto.

Por último, para que sea totalmente controlado hubiera sido deseable haberlo de forma presencial. Pero dadas las circunstancias que las clases se dictaban en modalidad virtual, por la pandemia del COVID 19, todas las actividades del experimento se realizaron vía internet utilizando las plataformas académicas habituales. Consideramos que esta situación no afectó a los resultados debido a que se aseguraron todas las condiciones estipuladas para un examen en línea de la asignatura más los recaudos de validez del experimento desarrollados en esta sección.

5.2. Validez externa

Define el grado hasta el que los resultados pueden generalizarse teniendo en cuenta la selección de los sujetos y otros parámetros del experimento.

Se previó la representatividad de los sujetos, estudiantes del tercer curso de Ingeniería en Sistemas de Información, como representantes de ingenieros de software principiantes.

También, la representatividad del objeto de estudio con un sistema de gobierno electrónico real, actualmente en funcionamiento.

En síntesis, los resultados del experimento son válidos en el contexto de ingenieros de software principiantes y sistemas de gobierno electrónico, aunque para poder generalizarlos es necesario realizar réplicas.

5.3. Validez de constructo

Indica hasta dónde las variables del experimento miden con asertividad los constructos teóricos de las hipótesis.

La instrumentación de este experimento se realizó con una característica homogénea de los objetos, ya que los objetos del experimento, tanto los patrones como la descripción narrativa, poseen la misma información sobre el sistema de gobierno electrónico seleccionado.

Las medidas seleccionadas son medidas utilizadas normalmente para medir efectividad y eficiencia, y los cuestionarios del experimento fueron diseñados utilizando cuestionarios y escalas estándares.

Por el número reducido de datos, los resultados de este experimento controlado pueden ser solo considerados como indicadores, y no son concluyentes, y las medidas seleccionadas son medidas usadas normalmente para medir efectividad y la eficiencia.

5.4. Validez de las conclusiones

Representa el grado de confianza de las conclusiones de un experimento, dado un nivel determinado de significación estadística, en la correcta inferencia de la hipótesis.

El material del experimento fue seleccionado de un proyecto real que fue transferido formalmente de U.T.N. – F.R.C. al organismo público, sólo se usaron objetos de estudio de ese sistema y la fuente de los objetos de estudio es la documentación actual del sistema.

Además, para el análisis e interpretación de resultados, se seleccionaron los test estadísticos apropiados teniendo en cuenta la naturaleza de los datos.

6. Conclusiones

En este artículo se presentó un experimento con el objetivo de evaluar si el uso de patrones de negocio mejora la comprensión del modelo conceptual de un sistema de gobierno electrónico. El experimento se realizó en un entorno académico virtual con estudiantes del tercer curso de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la U.T.N. – F.R.C. de Argentina en el mes de abril de 2021.

Se analizó la facilidad de comprensión de modelos porque es una de las características de la reusabilidad. Los patrones de negocio que se aplican al modelado conceptual cumplen la función de reutilizar el conocimiento y experiencia de sistemas anteriores. Se puede colegir que un modelo que es fácil de comprender tendrá más facilidad de ser reutilizado, y es necesario evaluar en primera instancia la facilidad de comprensión de un modelo usando patrones.

Es por ello, que se buscó obtener evidencias sobre la influencia que pueden tener sobre la Efectividad y Eficiencia en la comprensión del modelado conceptual, el uso de sólo patrones de negocio, sólo descripción narrativa o ambos simultáneamente.

Los estadísticos descriptivos revelaron que los sujetos que utilizaron patrones obtuvieron mejores valores al realizar tareas de comprensión de modelado conceptual en la Efectividad, por el contrario, no hay diferencias relevantes en la Eficiencia al utilizar, o no, patrones.

Con respecto a los resultados de las pruebas de hipótesis planteadas, se comprobó que existen diferencias significativas en la Efectividad de los sujetos al realizar tareas de comprensión de modelado conceptual, cuando se utilizan patrones de negocio. De acuerdo con el análisis descriptivo, sería mejor el que presenta la media más alta. En orden descendente: el uso de sólo patrones es más efectivo que patrones más descripción narrativa, y el uso de éstos, es más efectivo que sólo descripción narrativa.

En cambio, no existe una diferencia significativa en la Eficiencia de los sujetos al realizar tareas de comprensión de modelado conceptual, empleando indistintamente patrones, descripción narrativa o ambos. Es decir, que no se pudo rechazar la hipótesis nula para esta variable, por lo que no se tuvo evidencia suficiente para rechazar que no existen diferencias de Eficiencia entre los distintos tratamientos.

Las evidencias del experimento indican que el uso de patrones impacta de forma visible en la efectividad de la comprensión, que está relacionada con la correctitud de la descripción del modelo conceptual. Pero no lo hace en igual medida con respecto a la eficiencia, que implica la correctitud más la relación con el tiempo en que se realiza la tarea de comprensión. Se corroboran estas conclusiones con los resultados del cuestionario post-experimento donde los sujetos, en su mayoría, estuvieron de acuerdo en la facilidad de interpretación de los patrones y de la utilidad de los diagramas de patrones para la comprensión del modelo conceptual de un sistema de gobierno electrónico.

Por todo lo expresado, los resultados obtenidos llevan a recomendar, con cierta precaución, que es conveniente el uso de patrones de negocio en el modelo conceptual de un sistema de gobierno electrónico para facilitar su comprensión y, en consecuencia, su potencial de ser reutilizado. Estos resultados son válidos en el contexto de ingenieros de software principiantes y sistemas de gobierno electrónico. Resultados que podrían tener impacto tanto a nivel industrial como académico, promoviendo el uso de patrones de negocio en la actividad de modelado de los sistemas en ambos ámbitos. Aunque se considera, con la debida cautela, que para poder hacer recomendaciones firmes sería necesario corroborar la validez de los resultados obtenidos a través de la realización de réplicas. Réplicas que se planifican hacer en un futuro cercano.

Agradecimientos

La investigación presentada en este artículo se desarrolló en el contexto de los siguientes proyectos: ADAGIO (Consejería de Educación, Cultura y Deportes de la JCCM, España, SBPLY/21/180501/000061), AETHER-UCLM (MICINN, España, PID2020-112540RB-C42) y UTN (CIDS, Argentina, SITCBCO0008152TC).

Referencias

- Alexander, C. (1979) "The Timeless Way of Building", Ed. Oxford University Press.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., Robledo, C. W. "InfoStat: Software Estadístico" versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Accedido el 31/01/2022 desde <http://www.infostat.com.ar>.
- Eriksson, H.-E. & Penker, M. (2000) "Business Modeling with UML: Business Patterns at Work", Ed. OMG Press.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vissides, J. (1994) "Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software", Ed. Addison-Wesley.
- Genero, M., Cruz-Lemus J.A. y Piattini, M.G. (2014) "Métodos de Investigación en Ingeniería del software", Ed. Ra-ma.
- Kitchenham, B., Pfleeger, S., Pickard, L., Jones, P.W., Hoaglin, D., Emam, K., Rosenberg, J. (2002) "Preliminary Guidelines for Empirical Research in Software Engineering", IEEE Transactions on Software Engineering 28(8), págs. 721-734.
- Manso, M.E. (2009) "Estudio Empírico para la Validación de Indicadores de la Reusabilidad de Diagramas de Clases UML", Tesis doctoral, Universidad de Valladolid.
- Marciszack, M.M., Moreno, J.C., Sánchez, C.E., Medina, O.C., Delgado, A.F., Castro, C.S. (2018) "Patrones en la Construcción del Modelo Conceptual para Sistemas de Información", Ed. edUTecNe, U.T.N.
- Medina, O.C, Marciszack, M.M., Groppo, M.A. (2018) "Proposal for the Patterns Definition based on Good Practices for the Electronic Government Systems Development", CISTI 2018 – 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies.
- Medina, O.C., Pérez Cota, M., Meloni, B.E., Marciszack, M.M. (2021) "Business Patterns Catalogue and selection proposal for the Conceptual Model of a software product", International Journal of Universal Computer Science (J.UCS) 27(2), págs. 135-151, Editorial J.UCS Consortium.
- Medina, O.C., Genero, M., Marciszack, M.M., Bratti, A., Strub, A. (2022). Apéndice con material complementario del presente artículo. Accedido el 31/05/2022 desde <http://www.cids.frc.utn.edu.ar/UsoPatrones>.
- Medina, O.C., Pérez Cota, M., Damiano, L.E., Della Mea, K., Marciszack, M.M. (2022) "Systematic Mapping of Literature on Applicable Patterns in Conceptual Modelling of Information Systems", New Perspectives in Software Engineering, págs. 41-54, Editorial Springer.

- Neto, A.A. y Conte, T. (2013) "A conceptual model to address threats to validity in controlled experiments", 17th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE).
- PDTS, Banco Nacional de Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (2022). PDTS-0380 Implementación de patrones en la validación de modelos conceptuales. Accedido el 31/05/2022 desde <https://bancopdts.mincyt.gob.ar/proyectos/bancoPdts.zul>.
- Sommerville, I. (2011) "Ingeniería de Software", 9a Edición en español, Ed. Pearson.
- Svahnberg, M., Aurum, A., Claes Wohlin, C. (2008) "Using Students as Subjects - An Empirical Evaluation", 2nd. International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM).
- Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M., Regnell, B. (2012) "Experimentation in Software Engineering", Ed. Springer.