

Influencia de la Teoría de Roles en actividades de Gestión: Un experimento controlado con estudiantes de Ingeniería de Software

Raúl Aguilar Vera¹, Omar Gómez Gómez², Julio Díaz Mendoza¹, Juan Uacán Pech¹

avera@correo.uady.mx; ogomez@epoch.edu.ec; julio.diaz@correo.uady.mx;
juan.uacan@correo.uady.mx

¹ Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán, C.P. 97000, Mérida, Yucatán, México.

² Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba 060155, Ecuador.

DOI: 10.17013/risti.39.131-147

Resumen: El estudio explora la influencia de la Teoría de Belbin en actividades de gestión de proyectos. Para crear el contexto experimental con tareas de planificación y control, se diseñó un escenario ficticio en el que los sujetos experimentales planificaron y controlaron el desarrollo de un proyecto —construcción de fachadas. Los resultados del experimento mostraron que, en cuanto a la estimación de costos y obtención de ganancias, los equipos integrados con base en la Teoría de Belbin (EC) no muestran diferencias con los equipos integrados aleatoriamente (ET); sin embargo, en lo que respecta a la variable “penalización”, los EC difieren significativamente de los ET, al haber entregado productos de mejor calidad.

Palabras-clave: Experimentación en Ingeniería de Software; Gestión de Proyectos Software; Roles de Belbin.

Influence of Role Theory on Management Activities: A Controlled Experiment with Software Engineering Students.

Abstract: The study explores the influence of Belbin’s Theory on project management activities. To create the experimental context with planning and control tasks, a fictitious scenario was designed in which the experimental subjects planned and controlled the development of a project - building a set of different facades. The results of the experiment showed that, in terms of estimating costs and obtaining profits, the integrated teams based on the Belbin Theory (EC) do not show differences with the randomly integrated teams (ET); however, regarding the penalties obtained, however, as the variable “penalty”, the EC presents statistically significant differences with respect to the ET, having obtained better quality products.

Keywords: Belbin Roles; Software Engineering Experimentation; Software Engineering Experimentation; Software Management.

1. Introducción

La Ingeniería de Software (IS), como disciplina ingenieril dispone hoy día de un cuerpo de conocimientos reconocido por profesionistas y académicos afines de la aún joven disciplina, dicho cuerpo de conocimientos integra un conjunto de áreas relacionadas con los procesos de desarrollo y de gestión del software (Bourque & Fairley, 2014); sin embargo, las necesidades de una sociedad en constante cambio, requiere de nuevos métodos, técnicas, herramientas, así como buenas prácticas, que permitan al proceso software, su adaptación.

La Ingeniería de software puede ser definida como: (1) La aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable, al desarrollo, operación y mantenimiento de software; esto es, la aplicación de la ingeniería al software; y (2) El estudio de enfoques como los citados en (1). (IEEE-CS, 1990, p. 67).

El estudio de los procesos de desarrollo y gestión en la IS ha sido desarrollado considerando diversas variables, sin embargo, el aspecto social intrínseco de la disciplina (Juristo & Moreno, 2001) ha llevado a considerar al factor humano, de singular interés para su investigación. En un artículo reciente sobre la mejora del proceso software, Morales & Vega (2018) propusieron un catálogo de factores humanos, en el cual se considera como factor crítico para la organización, al compromiso de cada persona de cumplir con las tareas asignadas a su rol, o dicho de otra manera, a la responsabilidad de los roles. En el ámbito del proceso software, es bien sabido que muchas tareas y/o actividades se realizan en el contexto de equipos de desarrollo, en este sentido, Humphrey (2000) comenta que el proceso de formación y creación de un equipo de desarrollo de software no se produce por accidente, es un proceso complejo en el cual los integrantes del equipo deben establecer relaciones de trabajo, ponerse de acuerdo sobre los objetivos del proyecto y determinar las funciones de los miembros del grupo.

El propósito del estudio que se describe en este artículo, consiste en explorar si el uso de la teoría de roles propuesta por Belbin (1993) para la formación de equipos de trabajo, tiene alguna influencia en tareas vinculadas con los procesos de gestión del software, y para ello, se diseñó un escenario ficticio en el cual, alumnos de un programa de Ingeniería de Software, deben ponerse de acuerdo al estimar, planificar y desarrollar una tarea, con base en un conjunto de recursos humanos y materiales identificados para un período de tiempo limitado.

2. Teoría de Roles de Belbin

Entre las investigaciones sobre los roles que desempeñan los integrantes de un equipo, existe hoy día diferenciación entre roles orientados a la actividad individual, es decir, que se encuentran descritos en función de la tarea que pueden desempeñar —dependen de su formación profesional— y roles orientados al desempeño del equipo, es decir, se encuentran definidos en función de su comportamiento con sus pares al interior del equipo, este segundo tipo de rol, es conocido como rol de equipo y al parecer, su ausencia o presencia, tiene una influencia significativa en los logros del equipo (Aritzeta, Swailes, & Senior, 2005).

El trabajo sobre roles de equipo de Belbin (1981, 1993), es sin lugar a dudas el más conocido entre consultores e investigadores; los roles propuestos por Belbin (1993) pueden ser agrupados en tres diferentes categorías, roles orientados a la acción: Impulsor, Implementador y Finalizador; roles orientados a las personas o roles sociales: Coordinador, Investigador de Recursos y Cohesionador; roles orientados a los procesos cognitivos o roles mentales: Cerebro, Monitor Evaluador y Especialista.

Aparte de la clasificación citada en el párrafo anterior, Belbin ofrece algunos mecanismos para la identificación del rol primario que un individuo puede asumir en un equipo de trabajo —en función de su comportamiento; no obstante, su principal aportación —a juicio de los autores— son las relaciones de interacción analizadas entre los roles al interior de un equipo de trabajo, relaciones que consideran la posición que ocupan dentro de la estructura organizacional:

- Jefe → Subordinado (Colaborador),
- Colaborador → Colaborador, y
- Subordinado (Colaborador) → Jefe.

Dicho análisis deriva en un conjunto de recomendaciones que permiten integrar equipos de trabajo con base en roles compatibles.

El interés de los autores radica en las relaciones entre los integrantes de equipos de desarrollo software —equipos de proyecto— es decir, roles con la misma posición y autoridad en la organización —estructura de equipos planos— por tal motivo, en este trabajo se utiliza como referencia el segundo tipo de relaciones.

La Tabla 1 ilustra las relaciones de Colaborador-Colaborador, aunque es importante comentar que los roles que no se citan en las relaciones de compatibilidad, aunque no son preferidos, tampoco presentan problemas de incompatibilidad (Aguilar, 2008).

Tipo	Rol	Roles compatibles	Roles incompatibles
Acción	Impulsor (Sharper: S)	Investigador de Recursos	Coordinador, Cohesionador.
	Implementador (Implementer: I)	Coordinador, Investigador de recursos, Monitor Evaluador, Especialista, Finalizador	Implementador, Cerebro
	Finalizador (Completer-Finisher: CF)	Implementador	Investigador de recursos, Monitor Evaluador
Sociales	Coordinador (Chairman: CH)	Cohesionador, Implementador	Impulsor
	Investigador de Recursos (Resouce Investigator: RI)	Cohesionador, Implementador	Finalizador, Especialista
	Cohesionador (Teamworker: TW)	Cohesionador, Cerebro	Impulsor

Tipo	Rol	Roles compatibles	Roles incompatibles
Mentales	Cerebro (Plant: P)	Coordinador, Investigador de recursos, Cohesionador	Monitor Evaluador, Cerebro, Especialista, Implementador
	Monitor Evaluador (Monitor-Evaluador: ME)	Coordinador, Implementador	Finalizador, Monitor Evaluador, Cerebro
	Especialista (Specialist: SP)	Implementador, Cohesionador	Cerebro, Investigador de recursos

Tabla 1 – Compatibilidad entre Roles de Equipo en estructuras planas (Aguilar, 2008)

3. Trabajos relacionados

Entre los estudios reportados sobre el uso de la teoría de Roles de Belbin en el contexto de la IS, se encuentra el trabajo de Henry & Stevens (1999) quienes exploraron la utilidad de los roles de Belbin en la mejora de la efectividad de los equipos, particularmente, la influencia del liderazgo, dichos autores llevaron a cabo un experimento controlado con estudiantes, y entre sus hallazgos concluyen que la inclusión de un solo líder en el equipo, mejora su rendimiento, en comparación con equipos que tienen varios líderes o que no incluyen dicho rol.

Otro estudio reportado es el de Pollock (2009) en este trabajo se explora la influencia de contar con una diversidad de roles y personalidades, como estrategia para mejorar la efectividad del equipo, el autor comenta que, aunque no encontró evidencia de que la diversidad influya de alguna manera, pudo observar que la presencia de ciertos roles, como son el caso del Impulsor, Coordinador o Finalizador, pueden incrementar la efectividad.

Estrada & Peña (2013) reportan un experimento controlado con estudiantes desempeñando actividades vinculadas con las fases de requisitos, diseño y codificación, las autoras concluyen que algunos roles presentan mayor aportación en ciertas actividades, resaltando al rol Implementador en la tarea de codificación.

El Cuerpo Académico de Ingeniería de Software para la Educación, con la colaboración de investigadores de otras instituciones, ha realizado experimentos controlados con estudiantes en diversas tareas y/o actividades vinculadas con el proceso software. Un primer estudio reportado en (Aguileta, Ucán, & Aguilar, 2017) se compara la calidad de la legibilidad del código generado por equipos integrados con roles compatibles —con base en la Teoría de Belbin— con equipos formados con integrantes asignados aleatoriamente, los resultados obtenidos permitieron concluir que los equipos que usaron como referencia la Teoría de Belbin, presentan resultados significativamente mejores que aquellos integrados mediante un criterio de aleatoriedad. En un segundo estudio reportado en (Aguilar, Díaz, & Ucán, 2019) vinculado con la tarea de medición software, se encontraron resultados contradictorios entre un primer experimento y su réplica experimental, en dicho estudio no se pudo concluir la existencia de diferencias

significativas entre las variables vinculadas, ni con el producto (número de puntos de función), ni con el proceso (tiempo utilizado). En otro experimento reportado en (Aguilar, Muñoz, Díaz, & Ucán, 2020) se exploran las diferencias entre la calidad de los productos generados por los equipos, en el proceso de desarrollo de requisitos, el experimento incorporó la evaluación de los productos por parte de dos expertos en requisitos; los resultados —obtenidos en ambas evaluaciones— mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, obteniendo resultados significativamente mejores en cuanto a la calidad del documento de especificación de requisitos, los equipo integrados con roles compatibles.

4. Gestión de Proyectos Software

El proceso software integra tareas vinculadas tanto con el desarrollo de software, como con la gestión de los proyectos en los que dicho software es desarrollado (Bourque & Fairley, 2014). La gestión de proyectos es definida como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto, para satisfacer los requisitos del mismo (PMI, 2013); en el caso de proyectos software, la Planificación y el Control son las principales tareas para su éxito (Rakos, 1990).

De acuerdo con Cuevas (2002) la planificación trata de definir desde el inicio del proyecto, todo aquello que pueda ser predecible, intentando minimizar la incertidumbre sobre los tres aspectos fundamentales de todo proyecto software: costo, plazo y funcionalidad. Weigers (1996) por su parte, considera que son cinco las dimensiones que deberían ser gestionadas en los proyectos software: Prestaciones, Calidad, Costo, Tiempo de entrega (Plazos) y Equipo de proyecto.

5. Planificación del Experimento Controlado

El presente estudio tiene como propósito explorar, si los equipos de desarrollo integrados con base en la Teoría de Roles de Belbin presentan un desempeño significativamente diferente de aquellos obtenidos por equipos integrados en forma aleatoria —denominados Tradicionales. Considerando las dimensiones propuestas por Weigers (1996), podemos decir que el experimento considera como factor a controlar, al equipo de proyecto, mantiene los plazos de entrega y las prestaciones, como parámetros homogéneos, y considera como variables dependientes: costo, calidad y las ganancias

5.1. Factor y Tratamientos

El factor considerado se corresponde con la estrategia utilizada para la integración de los equipos de proyecto, particularmente dos tratamientos diferenciados son considerados:

- *Equipos Compatibles (EC)*: Equipos de trabajo de tres integrantes, conformados con roles compatibles, de acuerdo con la Teoría de Belbin.
- *Equipos Tradicionales (ET)*: Equipos de trabajo de tres integrantes, seleccionados en forma aleatoria.

5.2. Hipótesis y Variables

El primer par de hipótesis estadísticas utiliza como variable dependiente, una métrica vinculada con la planificación: el *Costo* estimado para los materiales de los productos por desarrollar.

- H01: La media del costo estimado por los materiales requeridos de los ET es igual a la media del costo de los materiales estimados por los EC.
- H11: La media del costo estimado por los materiales requeridos de los ET difiere de la media del costo de los materiales estimados por los EC.

La segunda variable se encuentra vinculada con la tarea de seguimiento, en particular, con la calidad del producto que va desarrollando, para ello se utilizó como métrica la *Penalización* del equipo, la cual se integra con: (1) la penalización por las faltas cometidas durante el desarrollo (Mala Calidad: MC), y (2) la penalización por no cumplir con el número de productos propuesto (Incumplimiento: INC); las hipótesis estadísticas derivadas de dicha variable son las siguientes:

- H02: La mediana de la penalización fijada a los ET al final de la actividad, es igual a la media de la penalización asignada a los EC.
- H12: La mediana de la penalización fijada a los ET al final de la actividad, difiere de la media de la penalización asignada a los EC.

Finalmente, la tercera variable se encuentra vinculada con el desempeño total de tarea, utilizaremos como métrica las *Ganancias* del equipo; las hipótesis estadísticas derivadas para dicha variable son las siguientes:

- H03: La media de las ganancias de los ET es igual a la media de las ganancias obtenidas por los EC.
- H13: La media de las ganancias de los ET difiere de la media de las ganancias obtenidas por los EC.

La variable costo se obtuvo de los materiales contabilizados que fueron solicitados por los equipos, en cuanto a la variable penalización, ésta se obtuvo al final de la etapa de validación al sumar las penalizaciones por faltas y penalizaciones por incumplimiento; la tercera variable, ganancias, se obtiene de restar a los ingresos por los artefactos generados, los costos de los materiales y las penalizaciones.

5.3. Escenario Ficticio para la Tarea de Gestión

Con el propósito de generar un escenario que permitiese al equipo humano ejercitarse en actividades de gestión, se diseñó una tarea basada en escenarios ficticios (Aguilar, de Antonio, & Prieto, 2006), el objetivo en la tarea fue el de construir el mayor número de fachadas (casas) distintas posibles. Una fachada debe estar compuesta por una pared, techo, ventana(s) y puerta(s); las ventanas y puertas están pre-construidas de una sola pieza y los otros componentes tienen dimensiones predefinidas (ver figura 1).

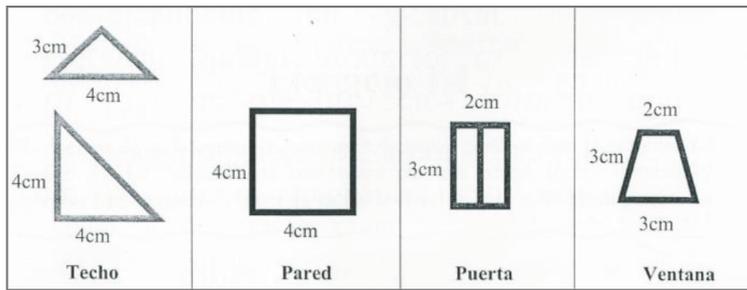


Figura 1 – Componentes pre-construidos para la construcción de Fachadas

Los equipos de trabajo deberán, en un tiempo establecido (30 Mins.), estimar el material requerido —con base en un catálogo proporcionado— y el número de fachadas a construir (Planificación), en un segundo período de tiempo limitado (40 Mins.), deberán ejecutar y dar seguimiento (Control) a la construcción de las fachadas para cumplir en tiempo con el número de fachadas propuesto.

Para la tarea de construcción, se establecieron un conjunto de condiciones: (a) cada fachada debe tener al menos uno de los cuatro tipos de componentes, (b) los componentes que configuran una fachada deberán estar unidas por cinta adhesiva, (c) cada fachada construida (en el plazo) tiene un valor de 50 pts., y (d) cada equipo debe adquirir el material necesario, previo a la construcción.

Finalizado el tiempo de construcción, con el apoyo de un comité de control de calidad —integrado por representantes de cada equipo— se procederá a la validación de las entregas de cada equipo (30 Mins.). Las penalizaciones a los equipos se establecieron en dos tipos: (a) penalizaciones por incumplimiento (INC), 15 unidades por fachada no entregada y (b) penalizaciones por mala calidad (MC), 2 unidades por defecto.

5.4. Diseño Experimental

El diseño experimental más apropiado para el estudio, es el diseño factorial con una fuente de variación y dos tratamientos (ver Tabla 2). La variable dependiente es una métrica numérica que se obtiene a través del instrumento de evaluación de los productos generados por los equipos de desarrollo.

Factor	Tratamientos	Variables Dependientes
Integración del equipo	Equipos Compatibles (EC)	Métricas Numéricas: Costos, Penalización y Ganancias
	Equipos Tradicionales (ET)	

Tabla 2 – Diseño factorial con una fuente de variación

5.5. Propuesta del Análisis Estadístico

Para el análisis de datos que serán recolectados, se generará una sección de estadística descriptiva con tablas de resumen de los valores obtenidos, así como gráficos de caja y bigotes para analizar visualmente el comportamiento de los mismos.

En el caso del análisis inferencial, las variables costo y ganancias se obtuvieron con una métrica numérica en una unidad de medida monetaria, la cual se corresponde con una escala de razón, para estos casos se seleccionó el análisis de varianza de una vía, ya que permite realizar pruebas de hipótesis para determinar si existe o no diferencias significativas entre las medias de los valores recogidos en la variable dependiente, para los diferentes niveles del factor (tratamientos). En el caso de la variable penalización, si bien es una métrica numérica, su análisis permite identificar que combina la métrica de penalización por incumplimiento, con la métrica de faltas en el producto, dos métricas numéricas que cualitativamente no son homogéneas; en el caso de la segunda, si bien es contabilizada con un mismo valor en todos los casos —2 puntos— las faltas nos son cualitativamente homogéneas, por lo que es necesario considerarla en una escala ordinal; la métrica utilizada obliga a elegir una prueba no paramétrica, como la U de Mann-Whitney, la cual permite comparar las medianas de dos muestras; es por ello que las hipótesis estadísticas H_{02} y H_{12} utilizan como parámetro la mediana, y no la media como en las otras hipótesis.

6. Ejecución del Experimento Controlado

Con base en el plan del experimento, se trabajó con estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería de Software que se oferta en la Universidad Autónoma de Yucatán, en particular, alumnos inscritos a uno de los grupos de la asignatura Fundamentos de Ingeniería de Software que se impartió en el semestre agosto-diciembre de 2018. A lo largo del curso, el profesor —autor principal— analizó con el grupo temas relacionados con los procesos de desarrollo y gestión de la Ingeniería de Software, así como aspectos vinculados con factores humanos intrínsecos en el trabajo bajo el esquema de equipos de proyecto. En una sesión de las últimas semanas del curso, el grupo trabajó con la dinámica descrita en la sección correspondiente al escenario ficticio diseñado para simular la tarea de gestión de software.

6.1. Participantes

La muestra por conveniencia utilizada en el experimento, estuvo conformada por 24 de los 30 estudiantes que cursaban la asignatura denominada “Fundamentos de Ingeniería de Software” que se encuentra ubicada en el primer semestre del Plan de Estudios 2016 de la carrera antes citada. Con los 24 estudiantes se integraron 8 equipos de trabajo de tres integrantes cada uno, cuatro equipos con roles compatibles (EC), es decir, roles que no tienen conflicto entre ellos y otros cuatro equipos como grupo de control, integrados con estudiantes asignados de forma aleatoria (Equipos tradicionales: ET). Para la integración de los EC se utilizó la información obtenida de cada estudiante —rol primario— luego de administrar al grupo el instrumento de autopercepción propuesto por Belbin. La Tabla 3 ilustra la asignación de los equipos a los tratamientos.

Tratamientos	Equipos
EC	I, II, III, IV
ET	V, VI, VII, VIII

Tabla 3 – Asignación de sujetos experimentales por tratamiento

6.2. Sujetos Experimentales

Dado que las mediciones se obtendrían de los productos generados por los equipos de trabajo, el grupo de sujetos experimentales se encuentra integrado por los ocho equipos de trabajo. La integración de los cuatro equipos basados en la teoría de Belbin (Equipos con roles Compatibles: EC) se ilustra en la Figura 2; las letras dentro de los círculos indican el identificador del rol de equipo desempeñado por cada participante (consultar Tabla 1), por otro lado, el número en romano al centro de cada una de las configuraciones de los EC, representa al identificador del equipo –sujeto experimental.

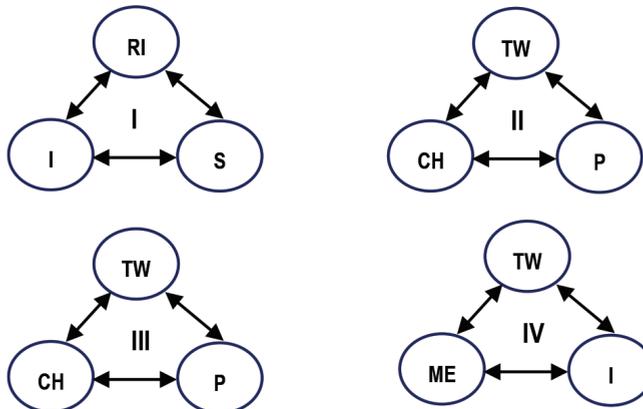


Figura 2 – Configuración de los cuatro equipos compatibles (EC)

6.3. Sesión Experimental

El experimento controlado se realizó en dos sesiones diferentes; en una primera sesión se administró el instrumento de autopercepción (operativamente se utilizaron los últimos 30 minutos de una sesión de clases presenciales) con el que pudo identificar el rol primario que puede desempeñar cada participante. En una segunda sesión –sesiones de 120 minutos– durante los primeros 15 minutos el profesor explicó la dinámica de la actividad, así como la integración de los equipos, seguidamente se dispuso de 30 minutos para organizar al equipo y acordar (con base en la estimación y diseños realizados) el número de fachadas por desarrollar, como tercera actividad, se dispuso de 40 minutos para el desarrollo de las fachadas reportadas y planificadas; concluida la actividad de desarrollo, el profesor dispuso de un cuarto plazo de 30 minutos para integrar un comité de calidad para evaluar los productos generados por los ocho equipos, el comité estuvo

conformado con un representante de cada equipo, manteniendo la restricción de que un representante no podría participar en la evaluación de su equipo.

Finalmente, el profesor utilizó los últimos 5 minutos de la sesión para el cierre de la dinámica instruccional, en la que se tuvo como intención, simular actividades de gestión software, con base en un escenario ficticio. La Tabla 4 presenta los datos recolectados con la dinámica experimental.

Equipo	Fachadas		Costos	Penalización			Ganancias
	Planeadas	Construidas		MC	INC	Total	
I	7	7	65	0	0	0	285
II	3	3	40	8	0	8	102
III	4	4	55	2	0	2	143
IV	6	6	45	16	0	16	237
V	6	5	40	2	15	17	193
VI	6	1	75	0	75	75	-100
VII	7	6	60	6	15	21	219
VIII	4	3	40	0	45	45	65

Tabla 4 – Datos Obtenidos del Experimento

7. Análisis de Datos del Experimento

En esta sección se presenta el análisis estadístico descriptivo e inferencial – realizado con apoyo del Software *Statgraphics*– de los datos recolectados con el experimento controlado.

7.1. Análisis Descriptivo

La Tabla 5 presenta algunas de las medidas más importantes de tendencia central y variabilidad para la variable Costos. Podemos observar que la media, la desviación estándar y el rango son menores en los EC; en el caso de la media la diferencia es ligera, sin embargo, la varianza presenta una diferencia de cerca de 6 unidades y el rango de 10.

Factor	#	μ	Mediana	σ	Min	Max	Rango
EC	4	51.25	50	11.0868	40.0	65.0	25.0
ET	4	53.75	50	17.0171	40.0	75.0	35.0

Tabla 5 – Resumen Estadístico de la Variable Costos

Para comparar visualmente los dos tratamientos, se generó un diagrama de caja y bigotes, dicho gráfico permite observar la dispersión y simetría de ambos conjuntos de datos. En la Figura 3 es posible identificar menor dispersión y mayor simetría de los EC en comparación de los ET, no obstante, el comportamiento de la gráfica no parece indicar diferencias significativas entre ambos conjuntos.

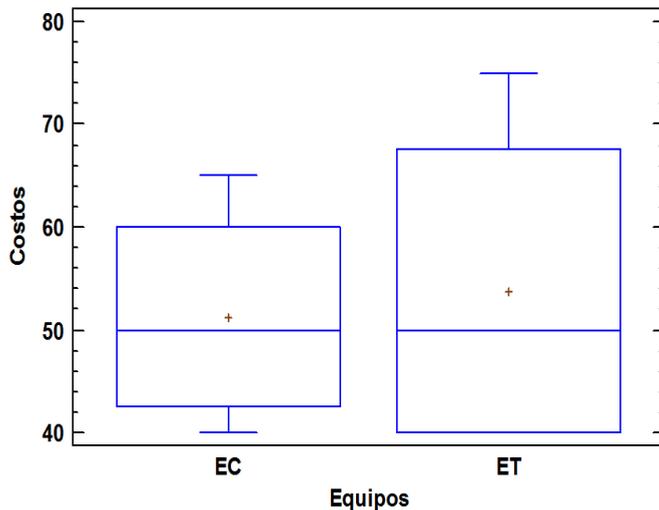


Figura 3 – Diagrama de Caja y bigotes de los tratamientos para la variable Costos

En cuanto a la variable penalización, la Tabla 6 contiene algunas de las medidas más importantes, se puede identificar que todas medidas derivadas de los EC, presentan valores muy por debajo de los que presentan los ET.

Factor	#	μ	Mediana	σ	Min	Max	Rango
EC	4	6.5	5.0	7.18795	0.0	16.0	16.0
ET	4	39.5	33.0	26.7021	17.0	75.0	58.0

Tabla 6 – Resumen Estadístico de la Variable Penalización

Con las diferencias reportadas en la Tabla 6, resulta de singular importancia comparar visualmente los dos tratamientos, y para ello se generó también un diagrama de caja y bigotes. En la Figura 4 es posible observar una menor dispersión de los EC en comparación de los ET, no obstante, lo más notable es el desfase del conjunto de datos hacia valores menores de toda la caja de los EC, de hecho, el valor máximo de los EC es menor que el mínimo de los ET, eso induce a pensar que existen diferencias estadísticamente significativas entre las penalizaciones obtenidas por los EC y las obtenidas por los ET.

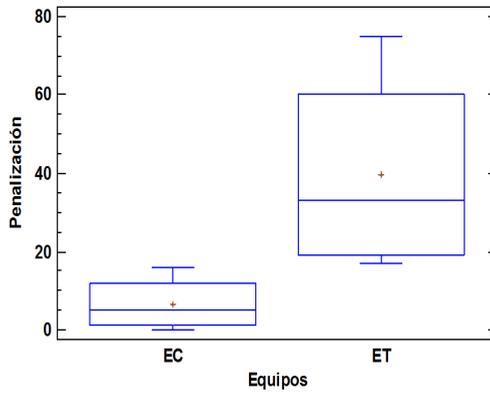


Figura 4 – Diagrama de Caja y bigotes de los tratamientos para la variable Penalización

Finalmente, para la variable ganancias, la Tabla 7 contiene el resumen de las medidas más importantes, en la tabla se puede observar que la media y mediana en los EC, presentan valores mayores que los ET, así mismo, a desviación estándar es menor en los EC.

Factor	#	μ	Mediana	O'	Min	Max	Rango
EC	4	192.25	191.0	84.3776	102.0	285.0	183.0
ET	4	94.25	129.0	145.948	-100.0	219.0	319.0

Tabla 7 – Resumen Estadístico de la Variable Ganancias

El gráfico de caja y bigotes de la Figura 5 permite identificar visualmente, menor dispersión y mayor simetría en los EC comparados con los ET, no obstante, el comportamiento de ambos conjuntos de datos no parece indicar diferencias significativas.

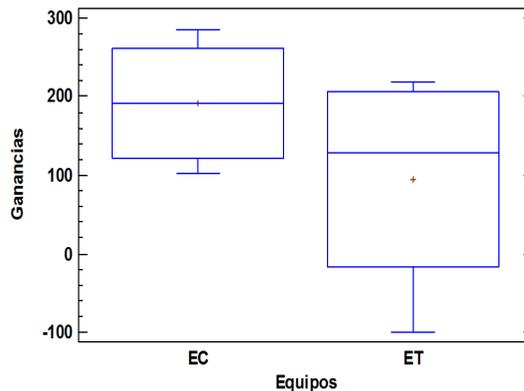


Figura 5 – Diagrama de Caja y bigotes de los tratamientos para la variable Ganancias

7.2. Análisis Inferencial

Con el propósito de evaluar estadísticamente las diferencias entre los tratamientos de las variables de razón Costos y Ganancias, se aplicó el Análisis de Varianza de una vía; el resultado de evaluar con ANOVA se ilustra en la Tabla 8.

Variable	Razón F	p-valor
Costos	0.06	0.8137
Ganancias	1.35	0.2891

Tabla 8 – ANOVA para la variable Costos y Ganancias

En ambas variables el valor p de la prueba F es mayor que 0.05 por lo cual, las hipótesis de nulidad H_{01} y H_{03} no pueden ser rechazadas, es decir, en ambos casos no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los dos tratamientos con un 5% de significancia.

Es importante mencionar que el modelo ANOVA tiene asociado tres supuestos que es necesario validar antes de utilizar la información que ofrece (Gutiérrez & De la Vara, 2012); los supuestos del modelo son: (1) Los errores experimentales de sus datos se distribuyen normalmente, (2) No existe diferencia entre la varianza de los tratamientos (Homocedasticidad) y (3) existe independencia entre las muestras.

Para validar el primer supuesto, se optó por generar un gráfico de probabilidad normal de los residuos; es una técnica gráfica para evaluar si un conjunto de datos se distribuye de acuerdo con la distribución normal. Como se puede ver en la gráfica que se ilustra en la Figura 6, en ambas variables, costos (a) y ganancias (b), los puntos no muestran desviaciones de la diagonal, por lo que es posible asumir que los residuos tienen una distribución normal.

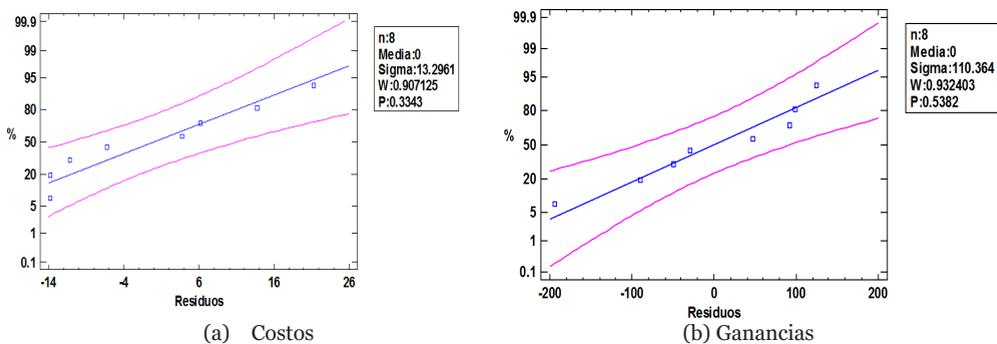


Figura 6 – Gráfico de Probabilidad Normal

Por su parte, la prueba de Levene permite evaluar diferencias significativas entre las varianzas de los dos conjuntos de datos (homocedasticidad); en la Tabla 9 se observa que en ambas variables (costos y ganancias) el p valor es mayor que 0.05, lo cual indica

que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de los tratamientos, con un nivel del 95.0% de confianza.

Variable	Prueba	p-valor
Costos	1.71429	0.2383
Ganancias	1.3356	0.2917

Tabla 9 – Prueba de Levene para las Variables Costos y Ganancias

Para validar el supuesto de independencia de los datos, se generó un gráfico de residuales versus secuencia para cada variable. La Figura 7 permite identificar visualmente, en ambos casos, que no existe una tendencia en los datos, lo cual indica que los datos provienen de poblaciones independientes.

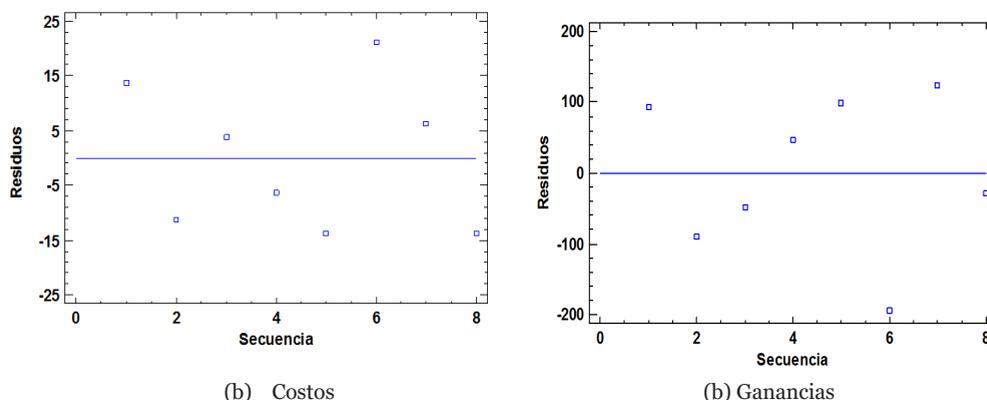


Figura 7 – Gráfico de Residuos vs. Secuencia

En cuanto a la variable penalización, como se mencionó en la sección 5.5, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney también conocida como prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney, dicha prueba no paramétrica puede utilizarse para comparar las medianas de dos muestras independientes (Siegel & Castellan, 1995). En la Tabla 10 se identifica que el p-valor es menor que 0.05, lo cual indica no existe nulidad en las diferencias, es decir, que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas, con un nivel de confianza del 95.0%.

Equipos	Rango Promedio	W	p-valor
EC	2.5	16.0	0.0303826
ET	6.5		

Tabla 10 – Prueba de U de Mann-Whitney para las Variables Penalización

8. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este artículo se presentó un experimento controlado con estudiantes de una carrera de Ingeniería de Software, el estudio compara métricas vinculadas con la planificación (costos), control (penalizaciones) y finalización del producto (ganancias), obtenidas del desempeño de dos tipos de equipo de trabajo, equipos integrados con base en la teoría de Belbin y equipos integrados aleatoriamente. Para la ejercitación de la tarea (desarrollo del proyecto), se diseñó un escenario ficticio basado en la construcción de fachadas, en el cual los sujetos experimentales (equipos de trabajo) deberían planificar y controlar el desarrollo de sus proyectos, de acuerdo con un conjunto de condiciones y restricciones establecidas, simulando de esta manera, la interacción entre las dimensiones citadas por Weigers (1996). Los resultados del experimento mostraron que, aunque en promedio los EC muestran obtención de mayores ganancias, las diferencias respecto de los ET no son estadísticamente significativas; no obstante, en lo que respecta a las penalizaciones, los EC difieren significativamente de los ET, obteniendo los primeros, un desempeño de mejor calidad. Con lo anterior, podemos concluir, que el uso de la teoría de roles de Belbin para la integración de equipos de trabajo, en lo que respecta a la tarea de gestión, al parecer influye positivamente en los proyectos, al generar equipos más fiables.

Como parte de los trabajos en curso, los autores han realizado un par de experimentos en el proceso de Diseño de Bases de Datos, uno de los estudios se reportará en un número especial de la presente revista a finales de 2020; en el caso del segundo estudio, resta realizar la validación de los diseños generados por los equipos de estudiantes, y con ello analizar los datos para obtener los resultados y las conclusiones que de los primeros se deriven.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo brindado por la Secretaría de Educación Pública (México) a través del proyecto P/PROFEXCE-2020-31MSU0098J-13.

Referencias

- Aguilar, R. (2008). *Una Estrategia Asistida por Entornos Virtuales Inteligentes (Tesis Doctoral)*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Aguilar, R., De Antonio, A., & Prieto, M. (2006). Un procedimiento basado en escenarios ficticios para evaluar el entrenamiento de equipos asistido por entornos virtuales colaborativos. *Revista Colombiana de Computación*, 7(2), 24-37.
- Aguilar, R., Díaz, J., & Ucán, J. (2019). Influencia de la Teoría de Roles de Belbin en la Medición de Software: Un estudio exploratorio. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, (31), 50-65.
- Aguilar, R., Muñoz, M., Díaz, J., & Ucán, J. (2020). Explorando la influencia de los Roles de Belbin en la Especificación de requisitos de software. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, (36), 34-39.

- Aguileta, A., Ucán, J., & Aguilar, R. (2017). Explorando la influencia de los roles de Belbin en la calidad del código generado por estudiantes en un curso de ingeniería de software. *Revista Educación en Ingeniería*, 12(23), 93-100.
- Aritzeta, A., Swailes, S., & Senior, B. (2005). *Team roles: Psychometric evidence, construct validity and team building*. University Hull.
- Belbin, M. (1981). *Management teams: Why they succeed or fail*. John Wiley & Sons.
- Belbin, R.M. (1993). *Team roles at Work*. Elsevier Butterworth Heinemann.
- Bourque, P., & Fairley, R. (2014). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK V3.0)*. IEEE Computer Society.
- Cuevas, G. (2002). *Gestión del Proceso Software*. Centro de Estudios Ramón Areces.
- Estrada, E., & Peña, A. (2013). Influencia de los roles de equipo en las actividades del desarrollador de software. *Revista Electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 2(1), 1-19.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos* (3ª ed). Mc Graw Hill.
- IEEE-CS (1990). *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology (IEEE Std 610.12-1990)*. IEEE Computer Society Press.
- Henry, S., & Stevens, K. (1999). Using Belbin's leadership role to improve team effectiveness: An empirical investigation. *The Journal of Systems and Software*, 44, 241-250.
- Humphrey, W. (2000). *Introduction to the Team Software Processes*. Addison Wesley Longman Inc.
- Juristo, N., & Moreno, A. (2001). *Basics of Software Engineering Experimentation*. Kluwer Academic Publishers.
- Morales, N., & Vega, V. (2018). Factores Humanos y la Mejora de Procesos de Software: Propuesta inicial de un catálogo que guíe su gestión. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, (29), 30-42. <http://dx.doi.org/10.17013/risti.29.30-42>
- PMI (2013). *A guide to the project management body of knowledge* (5th Ed). Project Management Institute.
- Pollock, M. (2009). Investigating the relationship between team role diversity and team performance in information systems teams. *Journal of Information Technology Management*, 20(1), 42-55.
- Rakos, J. (1990). *Software Project Management for Small to Medium Sized Projects*. Prentice Hall.
- Siegel, S., & Castellan, N. (1995). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta* (4ª ed.). Trillas.
- Weigers, K. (1996). *Creating a Software Engineering Culture*. Dorset House Publishing.

