

# Impacto de los trabajos de aula en el desarrollo de un proyecto de investigación en la Universidad Central

## Impact of classroom work on the development of a research project at Universidad Central

José Gregorio Gutiérrez Pabón<sup>1</sup> y Jainet Orlando Bernal Orozco<sup>2</sup>

### Resumen

Este artículo describe la importancia de los trabajos de aula realizados en los programas de pregrado en Ingeniería Industrial y Economía de la Universidad Central para la construcción de proyectos de investigación en el Departamento de Ingeniería Industrial. Se analizó el caso específico del proyecto “Escenarios prospectivos del transporte público masivo y colectivo en un kilómetro cuadrado de tres tipos de ciudades en Latinoamérica mediante modelado y simulación”. El análisis se basó en la recolección y el tratamiento de los datos del proyecto en las materias del programa, las cuales diseñan entregables para cumplir con el proyecto de desarrollo de aula. Los trabajos de aula brindan los datos necesarios para la elaboración del modelo matemático que se desarrolla en el proyecto. Se concluyó que el apoyo a las materias de pregrado bajo la correcta directriz puede

ser de vital importancia para el avance de los proyectos de investigación.

**Palabras clave:** trabajo de aula, proyecto de investigación, asignatura de pregrado.

### Abstract

This article describes the importance of class works done in the undergraduate programs of Industrial Engineering and Economics of Universidad Central for the development of research projects at the Department of Industrial Engineering. The specific case of the project “Prospective scenarios of the

<sup>1</sup> Ingeniero industrial y especialista en Producción y Logística. Docente de tiempo completo del Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Central. Correo: jgutierrezp@ucentral.edu.co

<sup>2</sup> Ingeniero industrial y magíster en Ingeniería Industrial. Docente de tiempo completo del Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Central. Correo: jbernal1@ucentral.edu.co

massive and collective public transport on a square kilometer in three types of Latin American cities using modeling and simulation” was analyzed. The analysis was based on the recollection and data treatment of the project in the program subjects, which create academic products to fulfill the classroom development

project. Class works provide the necessary data for the construction of the math model created in the project. It was concluded that support to undergraduate subjects under proper guidance are vital for the advance of research projects.

**Keywords:** class work, research project, undergraduate subject.

## 1. Introducción

La Universidad Central sigue fortaleciendo sus metodologías formativas con el fin de incentivar más la capacitación para la investigación, de manera que el enfoque de cada asignatura sea el desarrollo de micro-proyectos o trabajos de aula que estimulen las capacidades investigativas. Para lograrlo, se debe generar una sinergia que integre a los actores del proceso educativo en los saberes disciplinares mediante un proceso de enseñanza en el que la investigación formativa consista en sistematizar el conocimiento generado por los proyectos pedagógicos para convertirlo en conocimiento codificado que permita desarrollar líneas de profundización en los programas o líneas de investigación en los grupos involucrados. Uno de los proyectos de investigación en los que participan los profesores del Departamento de Ingeniería Industrial logró integrar los proyectos de aula con las actividades de la investigación.

Este artículo describe los trabajos de aula que alimentaron los parámetros del modelo matemático base del proyecto “Escenarios prospectivos del transporte público masivo y colectivo en un kilómetro cuadrado de tres tipos de ciudades en Latinoamérica mediante modelado y simulación”. A partir de modelos

de optimización y simulación computacional, este proyecto buscó generar propuestas para mejorar el diseño de rutas, frecuencias y puntos de parada de los buses urbanos del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá que transitan por la zona de estudio.

## 2. Métodos y resultados

La fuente primaria de información fueron los datos tomados sobre la oferta (buses) y demanda (usuarios) del SITP en un kilómetro cuadrado del centro de Bogotá. El programa de Mercados, de la línea de profundización Organizacional, aportó con el diseño de instrumentos (encuesta) y la recolección de información. La asignatura de Investigación de Operaciones II, que pertenece a la línea de profundización de Modelos Matemáticos, contribuyó con el levantamiento de información y análisis de oferta y demanda de usuarios en tres estaciones del sistema Transmilenio (Universidades, Las Aguas y Museo del Oro), aplicando técnicas de la teoría de líneas de espera. La asignatura Práctica de Ingeniería I colaboró con la recolección de información sobre los aspectos que impactan la movilidad de los buses del SITP y de los usuarios que transitan por la zona. Con estos

tres estudios se completó la parametrización del modelo matemático a partir del cual se generó la propuesta para la asignación de rutas, frecuencias y puntos de parada de los buses urbanos del SITP.

La consolidación y estructuración de información de un tema específico abordado desde asignaturas diferentes parece incipiente en primera instancia, máxime cuando no se observa desde un enfoque holístico. Para el equipo del proyecto de investigación, cada avance aparentemente aislado se complementa y brinda información relevante para el logro de sus objetivos. Para los estudiantes, se convierte en uno de sus pasos en temas de investigación formativa, dado que su participación es muy relevante. Esto va en concordancia con lo que afirma Stenhouse (2004), quien sugiere el encadenamiento del contenido temático con los procesos de investigación, donde la estructura de este se direcciona a aprender con innovación e investigación y el profesor dirige su clase hacia este objetivo.

### 2.1. Investigación de operaciones II

Uno de los componentes del programa de la asignatura Investigación de operaciones II es el estudio de la teoría de líneas de espera (Taha, 2004), una técnica para soportar procesos de toma de decisiones sobre la capacidad de atención en sistemas que puedan ser representados como líneas de espera (p. ej., la

fila de un banco). Su finalidad es determinar cuántos asesores debe tener activos (en operación) para cumplir con cierto nivel de servicio y, en general, cómo opera el sistema en función de ciertos indicadores de desempeño (Hillier y Lieberman, 2010), con lo cual se puede decidir sobre su capacidad y los costos asociados para toma de decisiones. El desarrollo del trabajo de aula correspondiente a este tema aportó datos sobre la oferta y la demanda del SITP para la parametrización del modelo de optimización del proyecto.

Se identificaron las tres estaciones del sistema Transmilenio que se encuentran dentro del perímetro del área de estudio (Las Aguas, Museo del Oro y Universidades), se definieron ubicaciones de análisis, se conformaron grupos de trabajo (3-4 estudiantes) para la toma de los datos y se asignaron ubicaciones puntuales en las estaciones establecidas. Para la recolección de datos se utilizó el formato que muestra la figura 1.

Se estableció el número de horas mínimo de trabajo para la recolección de información. Cada grupo recolectó información en el punto asignado en un lapso de cuatro horas. El grupo 1.1 realizó la toma de datos entre las 10:00 y las 17:00. Los grupos 1.5 y 1.6 recolectaron información entre las 18:00 y las 21:00 según disponibilidad de tiempo de cada grupo. Luego, se consolidó la información para cada ubicación (tablas 1, 2 y 3).



Tabla 1. Información recolectada en la estación Universidades

Día	Fecha	Universidades					
		Inicio	Fin	Tiempo	Demanda	Oferta	Ubicación
Miércoles	5/2/2018						
Jueves	5/3/2018						
Viernes	5/4/2018						
Sábado	5/5/2018						
Domingo	5/6/2018						
Lunes	5/7/2018						
Martes	5/8/2018						
Miércoles	5/9/2018	19:00	20:00	1:00	469	96	Torniquete 2
		18:05	19:00	0:55	135	N/A	Taquilla 1
Jueves	5/10/2018						
Viernes	5/11/2018	18:15	19:15	1:00	288	80	Torniquete 4
Sábado	5/12/2018						
Domingo	5/13/2018						
Lunes	5/14/2018	18:00	19:00	1:00	135	N/A	Taquilla 1
		19:30	20:30	1:00	307	---	Torniquete 1
		19:00	20:00	1:00	469	96	Torniquete 2
		18:00	20:00	2:00	134	116	Torniquete 3
Miércoles	5/16/2018	17:57	19:00	1:03	135	N/A	Taquilla 1
		19:00	20:00	1:00	469	96	Torniquete 2
		19:00	20:30	1:30	336	85	Torniquete 4
		17:50	19:02	1:12	135	N/A	Taquilla 1
Jueves	5/17/2018	17:00	19:00	2:00	628	---	Torniquete 1
		19:00	20:00	1:00	469	96	Torniquete 2
		18:00	20:00	2:00	134	116	Torniquete 3
Viernes	5/18/2018	17:00	18:00	1:00	560	---	Torniquete 1
		18:00	19:30	1:30	323	90	Torniquete 4
Total usuarios				20:10	5126	871	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Información recolectada en la estación Las Aguas

Día	Fecha	Las Aguas					
		Inicio	Fin	Tiempo	Demanda	Oferta	Ubicación
Miércoles	5/2/2018						
Jueves	5/3/2018						
Viernes	5/4/2018	10:52	12:00	1:08	96	116	Torniquete 1
		10:47	12:00	1:13	89	N/A	Taquilla 1
		10:18	12:00	1:42	95	109	Torniquete 2
		9:40	11:35	1:55	216	216	Torniquete 3
Sábado	5/5/2018						
Domingo	5/6/2018						
Lunes	5/7/2018	15:05	15:58	0:53	87	N/A	Taquilla 1
		13:25	13:59	0:34	66	76	Torniquete 1
		11:10	12:36	1:26	129	153	Torniquete 2
		15:00	16:30	1:30	679	168	Torniquete 6
Martes	5/8/2018	10:00	10:59	0:59	163	N/A	Taquilla 2
		12:19	13:30	1:11	114	165	Torniquete 1
		12:21	13:33	1:12	409	376	Torniquete 6
Miércoles	5/9/2018	9:07	10:07	1:00	216	N/A	Taquilla 2
		9:47	10:46	0:59	86	N/A	Taquilla 1
Jueves	5/10/2018	11:35	13:00	1:25	239	175	Torniquete 1
		11:22	12:22	1:00	140	N/A	Taquilla 2
		11:05	12:25	1:20	275	507	Torniquete 6
		11:03	12:30	1:27	512	67	Torniquete 7
		15:00	15:47	0:47	348	14	Torniquete 7
		11:27	12:27	1:00	133	N/A	Taquilla 2
Viernes	5/11/2018	9:51	10:42	0:51	74	N/A	Taquilla 1
		10:40	12:40	2:00	138	106	Torniquete 2
		9:19	11:20	2:01	138	143	Torniquete 3
		11:00	12:00	1:00	389	55	Torniquete 7
Sábado	5/12/2018	12:00	12:44	0:44	275	11	Torniquete 7
Domingo	5/13/2018						
Lunes	5/14/2018						
Martes	5/15/2018						
Miércoles	5/16/2018						
Jueves	5/17/2018						
Viernes	5/18/2018						
Total usuarios				29:17:00	5106	2457	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Información recolectada en la estación Museo del Oro

Día	Fecha	Museo del Oro					
		Inicio	Fin	Tiempo	Demanda	Oferta	Ubicación
Miércoles	5/2/2018	18:00	20:00	2:00	556	N/A	Taquilla 2
Jueves	5/3/2018						
Viernes	5/4/2018						
Sábado	5/5/2018						
Domingo	5/6/2018	16:00	20:00	4:00	1599	72	Torniquete 3
Lunes	5/7/2018						
Martes	5/8/2018	16:00	20:00	4:00	1599	71	Torniquete 3
Miércoles	5/9/2018	18:00	20:00	2:00	556	N/A	Taquilla 2
		18:00	20:00	2:00	669	----	Torniquete 2
Jueves	5/10/2018						
Viernes	5/11/2018						
Sábado	5/12/2018						
Domingo	5/13/2018						
Lunes	5/14/2018	18:00	20:00	2:00	464	----	Torniquete 3
		18:00	20:00	2:00	921	83	Torniquete 1
Martes	5/15/2018	18:00	20:00	2:00	669	----	Torniquete 2
		18:00	20:00	2:00	721	277	Torniquete 4
		18:00	20:00	2:00	236	35	Torniquete 7
		18:00	20:00	2:00	556	N/A	Taquilla 2
Miércoles	5/16/2018						
		18:00	20:00	2:00	473	----	Torniquete 3
		18:00	20:00	2:00	921	84	Torniquete 1
Jueves	5/17/2018	18:00	20:00	2:00	669	----	Torniquete 2
		18:00	20:00	2:00	787	279	Torniquete 4
		18:00	20:00	2:00	235	35	Torniquete 7
Viernes	5/18/2018	18:30	22:00	3:30	2848	92	Torniquete 5
Total usuarios				39:30:00	14479	1028	

Fuente: elaboración propia.

Este trabajo de aula suministró información de 29 067 usuarios del SITP en el área de estudio. De este total, 24 711 demandaron el servicio para salir y 4356 para llegar al centro de la ciudad. Esto permitió parte de la parametrización del modelo matemático que conforma la propuesta del proyecto de investigación.

## 2.2. Práctica de Ingeniería I

El trabajo articulado en el curso de Práctica de Ingeniería I tuvo como objeto de estudio el kilómetro cuadrado mencionado anteriormente y aportó información en cuatro aspectos que inciden sobre la caracterización del tránsito de peatones, ciclistas y vehículos en la zona. Estos datos fueron relevantes para el proyecto de investigación porque su propósito es modelar la movilidad de peatones, ciclistas y vehículos en la zona. Los cuatro aspectos son: 1) las malas conductas de vehículos y peatones; 2) los colados y el comercio en las estaciones de Transmilenio Museo del Oro, Las Aguas y Universidades, 3) las malas conductas de motociclistas y ciclistas, y 4) las interrupciones en el tránsito peatonal a causa de invasión del espacio público por parte de vendedores.

Según Hernández et ál. (2018), el 56% de los actores viales en el centro de Bogotá conocen las acciones consideradas como malas conductas viales en la zona. En el 61% de la población consultada, la principal razón para cometerlas es la falta de tiempo y el desconocimiento del lugar para consultar la normatividad. Adicionalmente, el 41% de los peatones entrevistados reconocen haber cometido por lo menos una mala conducta como peatones durante el último año.

Según Lagos et ál. (2018), en diez minutos durante horas valle, ingresaron 86 personas al

sistema, de las cuales 45 (52,3%) pagaron su pasaje, 21 (24,4%) entraron por torniquete sin pagar y 20 (23,3%) ingresaron por las puertas también sin pagar. En horas pico, ingresaron en total 214 personas, de las cuales 142 (66,4%) pagaron su pasaje, 16 (7,5%) entraron por torniquete sin pagar y 56 (26,1%) ingresaron por las puertas también sin pagar. Según el registro, en promedio solo un 62% de usuarios están pagando su pasaje, lo cual afecta las estimaciones económicas que hace el sistema a partir de los ingresos registrados por torniquetes y, con ello, la planificación de rutas y frecuencias. Esta información se evaluó para su incorporación en el modelo matemático construido. Vale aclarar que para el tercer trimestre de 2018 se notó una mayor presencia de la policía en las estaciones, con lo cual se espera una reducción en el número de usuarios que ingresan al sistema sin pagar.

Según Beltrán et ál. (2018), el 72% de los ciclistas que transitan por el centro de Bogotá han cometido por lo menos una infracción en los últimos tres meses. Ellos se quejan de la mala infraestructura y la falta de seguridad para el tránsito en la zona. De acuerdo con Maldonado et ál. (2018), otro factor que afecta la caminata de los peatones en la zona son las ventas ambulantes ubicadas en los andenes, plazoletas y corredores peatonales. Según la caracterización efectuada por estos autores, esta situación se registró principalmente en las carreras 7, 8, 9 y 10, y las calles 17 y 19.

Los estudiantes del grupo 1.1 que tomaron el curso de Práctica de Ingeniería I en el periodo académico 2018-I caracterizaron un conjunto de problemáticas en torno a la temática del proyecto de investigación que resultó importante para elaborar una mejor representación del sistema real a partir del modelo matemático a construir.

### 2.3. Mercados

La articulación con tres grupos del curso de Mercados y uno del curso de Estadística II se logró a partir de la definición del proyecto de aula sobre la oferta y la demanda del transporte público, particularmente, la caracterización de la oferta de buses urbanos del SITP que transitan por el kilómetro cuadrado de estudio y la demanda de usuarios que hacen uso frecuente de estas rutas para llegar o salir del centro de la ciudad. Para ello, uno de los grupos del curso de Mercados y el grupo del curso de Estadística II se enfocaron en la demanda, mientras que los dos grupos restantes del curso de Mercados centraron su contribución en la caracterización de la oferta.

Los profesores a cargo de estos grupos, que apoyaron y orientaron este proceso son Maira Téllez y Javier Benítez de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, y el profesor Jeison Pinilla de la Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables.

En total se contó con la participación de 54 estudiantes que diseñaron los instrumentos de medición (para la oferta y la demanda), planearon y aplicaron dichos instrumentos, y finalmente realizaron la tabulación y el análisis de datos con base en la metodología propuesta por Aaker et ál. (2003) y Naresh (2008). Con esta información se definieron los parámetros claves para la operación del modelo matemático de optimización desarrollado por los investigadores del proyecto de investigación.

Como resultados del proceso de caracterización efectuado por los estudiantes, se obtuvieron cifras sobre la demanda en cada uno de los paraderos para las 37 rutas de buses urbanos del SITP que transitan por la zona. Asimismo, se logró la caracterización del tipo de bus que presta cada una de las rutas, los horarios y la trayectoria que siguen por las vías del kilómetro cuadrado analizado. Para establecer

los conceptos y la metodología de análisis se tomaron como base los aportes de Miller y Meiners (1992).

### 3. Conclusiones

Los procesos investigativos requieren de una sinergia de elementos que permitan operacionalizar las actividades propias de su desarrollo. En el proyecto de investigación descrito se observó el proceso colaborativo de cuatro asignaturas de diferentes programas de pregrado. Cada una en virtud de su contenido curricular y líneas de profundización direccionó la ejecución de su plan de trabajo para apoyar desde temáticas específicas los requerimientos en las diferentes etapa del proyecto. El diseño de instrumentos para la recolección y análisis de datos, la toma y consolidación de información, y el diagnóstico del área de estudio fueron actividades articuladas entre los proyectos de aula y el proyecto de investigación. Se evidenció la disposición de docentes y estudiantes para impartir y seguir sus cronogramas de trabajo cumpliendo con los contenidos temáticos, pero con un énfasis en la obtención del conocimiento desde la práctica, lo que resalta el énfasis de la Universidad en una formación para la investigación.

Por otro lado, el avance y la fiabilidad del proyecto se fortaleció gracias a las fuentes de información primarias. Los datos recolectados tienen una estructura y un análisis conforme a las necesidades y se complementan con las fuentes secundarias. La experiencia de articular los proyectos de aula con actividades de un proyecto de investigación resultó satisfactoria y enriquecedora tanto para los 54 estudiantes que decidieron participar como para los docentes de los cursos participantes y los integrantes del proyecto de investigación. Los

estudiantes fortalecieron sus competencias en escritura, lectura, aplicación de técnicas a contextos y problemas reales, desarrollo estructurado de una vigilancia tecnológica y síntesis y referenciación de fuentes. Por su parte, los docentes actualizaron sus sílabos y bibliografía para los retos que plantean las problemáticas en movilidad, que no son exclusivas de la ciudad de Bogotá. Para los investigadores del proyecto, el estudio requirió una mayor exigencia en el seguimiento del trabajo y aportó una mayor muestra en la recolección de los datos. La experiencia desarrollada permitió articular el trabajo de cinco grupos de cuatro cursos, en dos programas de dos facultades distintas, a cargo de tres docentes y con la participación de 54 estudiantes.

## Referencias

- Aaker, D., Kumar, V. y Day, G. (2012). *Investigación de mercados*. México D. F.: Limusa Wiley.
- Beltrán, A. V., Dueñas, J. D., Martínez, K. T. y Nieto S. (2018). *Malas conductas de motociclistas y ciclistas alrededor de la Universidad Central* (trabajo de aula). Universidad Central, Bogotá.
- Hernández, C., Martín, Y., Martínez, J. C., Ortiz, K. D. y Peña, G. (2018). *Malas conductas de automóviles, buses, camiones y peatones* (trabajo de aula). Universidad Central, Bogotá.
- Hillier, F. y Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. México D. F.: McGraw Hill.
- Lagos, B. C., Montaña, L. T., Suárez, D. F. y Velandia, T. (2018). *Colados y comercio en Transmilenio. Estaciones Museo del Oro, Las Aguas y Universidades* (trabajo de aula). Universidad Central, Bogotá.
- Maldonado, L., Landazábal, D., Hernández, J., Ruíz, Y., Claro, A., Vanegas, H. y Cruz, S. (2007). Visibilidad y formación en investigación. Estrategias para el desarrollo de competencias investigativas. *Revista Studiositas*, 2(2), 43-56.
- Maldonado, N., Moreno, D., Buitrago, D. S., Arteaga, P. L. y Espinosa, C. C. (2018). *Higiene y cumplimiento de la normativa en ventas ambulantes de comida en una zona del centro de Bogotá* (trabajo de aula). Universidad Central, Bogotá.
- Miller, R. y Meiners, R. (1992). *Microeconomía*. México D. F.: McGraw Hill.
- Naresh, M. (2008). *Investigación de mercados*. México D. F.: Pearson Educación.
- Stenhouse, L. (2004). *La investigación como base de la enseñanza*. Madrid: Ediciones Morata.
- Taha, H. (2004). *Investigación de operaciones*. México D. F.: Pearson Educación.