

RISE-UP: UNA HERRAMIENTA EDUCATIVA INTERDISCIPLINARIA PARA LA GENERACIÓN DE INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE Y RESILIENTE¹

Carla López del Puerto², Humberto Cavallín³, José Perdomo⁴, Jonathan Muñoz⁵,
Marcelo Suárez⁶, Drianfel Vázquez⁷

RESUMEN: Los daños causados a la infraestructura de Puerto Rico por el huracán María en el 2017 y la secuencia sísmica en el 2020 evidencian que, después de un desastre natural, es necesario unir múltiples disciplinas para reconstruir la infraestructura dañada utilizando nuevos paradigmas. Con el objetivo de desarrollar una nueva generación de profesionales de ingeniería y arquitectura que trabajen de manera integrada para enfrentar retos causados por eventos naturales se creó el programa “Resilient Infrastructure and Sustainability Education – Undergraduate Program” (RISE-UP). El programa se estructura en torno a una plataforma colaborativa entre tres campus del sistema de la Universidad de Puerto Rico, y se basa en un enfoque interdisciplinario de aprendizaje basado en proyectos (“Project Based Learning” o PBL por sus siglas en inglés). RISE-UP consta académicamente de cuatro cursos que forman parte de una concentración menor y, que se complementan con oportunidades de internados y de investigación subgraduada. Los cursos se toman en orden secuencial en un proceso que va de la presentación de contenidos y técnicas básicas, a la aplicación de esos conocimientos en un proyecto de diseño integrado. A la fecha, en el programa han ingresado un total de 64 estudiantes divididos en dos cohortes de acuerdo a su fecha de ingreso al programa. Los estudiantes de ambos cohortes reflejan la diversidad que el proyecto busca en cuanto a área de especialidad, campus y género. Los resultados de las evaluaciones estudiantiles indican que el 100% de los estudiantes encuentran la metodología PBL como "valiosa" o "muy valiosa" para entender la importancia de que la infraestructura sea sostenible y resiliente para poner en práctica los conceptos aprendidos. El programa sirve como ejemplo de las ventajas de integrar la tecnología de la información para permitir que los estudiantes de diferentes “campus” trabajen juntos hacia un objetivo común.

Palabras clave: arquitectura, desastres naturales, ingeniería, práctica integrada, reconstrucción

RISE-UP: AN INTERDISCIPLINARY LEARNING TOOL TO GENERATE SUSTAINABLE AND RESILIENT INFRASTRUCTURE

ABSTRACT: The damage caused to Puerto Rico's infrastructure by Hurricane María in 2017 and the seismic sequence in 2020 provided evidence that, after a natural disaster, the collaboration of different disciplines is necessary to rebuild the damaged infrastructure using new paradigms. To develop a new generation of engineering and architecture professionals who work in an integrated way to face the challenges caused by natural events, the Resilient

¹ Artículo recibido el 7 de diciembre de 2020 y aceptado para publicación el 21 de diciembre de 2020.

² Profesora, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico 00681- 9000. E-mail: carla.lopezdelpuerto@upr.edu

³ Profesor, Escuela de Arquitectura, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico.
Email: humberto.cavallin1@upr.edu

⁴ Profesor, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico.
Email: josel.perdomo@upr.edu

⁵ Profesor, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico.
Email: jonathan.munoz@upr.edu

⁶ Profesor, Departamento de Ciencias e Ingeniería de Materiales, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. Email: oscarmarcelo.suarez@upr.edu

⁷ Profesor, Departamento de Ingeniería, Universidad de Puerto Rico, Ponce, Puerto Rico.
Email: drianfel.vazquez@upr.edu

Infrastructure and Sustainability Education - Undergraduate Program (RISE-UP) was created. The program is structured using a collaborative platform between three campuses of the University of Puerto Rico system and is based on an interdisciplinary approach using Project-Based Learning (PBL). RISE-UP consists of four courses that are part of a minor degree that is complemented by internship and undergraduate research opportunities. The courses are taken sequentially in a process that starts with the presentation of basic content and techniques, to the application of that knowledge in an integrated design project. To date, a total of 64 students have entered the program, divided into two cohorts according to their admission into the program. Students in both cohorts reflect the diversity that the project seeks in terms of specialty area, campus, and gender. The results of the student evaluations indicate that 100% of the students find the PBL methodology "valuable" or "very valuable" to understand the importance of a sustainable and resilient infrastructure, putting into practice the concepts learned. This program serves as an example of the benefits of information technology integrations to allow students from different campuses to work together toward a common goal.

Keywords: architecture, engineering, integrated practice, natural disasters, reconstruction

ANTECEDENTES

Durante el siglo XX, la consolidación de la separación disciplinar afectó al ecosistema, donde los profesionales se educan y se congregan. En este contexto, a comienzos del siglo pasado, el modelo dominante en el conocimiento y su práctica enfatizaba la cultura del profesionalismo. La división resultante en agrupaciones de conocimiento o profesionales dio origen a los colegios o asociaciones profesionales, cuya función ha sido regular la identidad profesional de su membresía a través de la evaluación de su probidad, certificación de los programas académicos pertinentes, definición de los procedimientos de evaluación profesional y creación de credenciales y requisitos para la práctica de la profesión.

La preparación formal de los profesionales en el diseño de edificaciones (arquitectos e ingenieros) se suele llevar a cabo en ambientes académicos independientes, sin interacción entre disciplinas. Esta división genera desconocimiento entre las profesiones en diversos niveles, estimulando el antagonismo disciplinar. Contemporáneamente, un nuevo paradigma de ejercicio profesional ha surgido, estimulado en gran medida por el desarrollo de aplicaciones de computadoras diseñadas para facilitar la interacción entre las profesiones.

Este nuevo paradigma de práctica profesional ha tomado en arquitectura y en las ingenierías el nombre de práctica integrada (AIA, 2007; Elvin, 2007). La práctica surgió de las dinámicas de interacción profesional en la colaboración entre los miembros del grupo, que parte desde el inicio del proceso de resolución de los problemas (Elvin, 2007). Tiene como finalidad estimular el intercambio temprano del conocimiento necesario para la resolución de los problemas, por medio del estímulo de la participación de cada una de las voces involucradas en la resolución de un problema específico. Durante el proceso, se definen tempranamente objetivos comunes que propenden a la integración transdisciplinar de los valores y conocimientos individuales a las diferentes disciplinas.

RISE-UP: EDUCACIÓN INTERDISCIPLINAR, SOSTENIBILIDAD Y RESILIENCIA

El huracán María tocó tierra el 20 de septiembre de 2017 en Puerto Rico, vientos devastadores y ocasionó precipitaciones extremas, inundaciones y deslizamientos de tierra. Los daños a la infraestructura de Puerto Rico demostraron que después de un desastre natural, es necesario una convergencia de disciplinas para reconstruir y robustecer la infraestructura dañada a partir de nuevos paradigmas. Como se mencionó anteriormente, estos paradigmas contradicen la preparación académica tradicional basada en disciplinas relacionadas con la infraestructura; dicha formación de profesionales ocurre en dominios aislados, rara vez abordando problemas interdisciplinarios o implementando hallazgos de la investigación sistemática de experiencias previas.

En Puerto Rico, las secuelas del huracán María y la secuencia sísmica de comienzos del año 2020, han profundizado la conciencia de educar a futuros profesionales para proveer soluciones a problemas complejos de infraestructura. La necesidad de reclutar y preparar a estudiantes para diseñar y construir infraestructura que resista el embate de eventos naturales impulsó a un equipo de profesores de la Universidad de Puerto Rico a preparar una propuesta a la Fundación Nacional para las Ciencias (NSF por sus siglas en inglés).

La aprobación de los fondos por la NSF permitió establecer el proyecto “Resilient Infrastructure and Sustainability Education – Undergraduate Program” (RISE-UP). El objetivo general es formar una nueva generación de profesionales de ingeniería y arquitectura, que trabajen de manera integrada para enfrentar retos causados por eventos naturales y, desarrollar una infraestructura robusta, resistente y sostenible. De esta forma, RISE-UP busca beneficiar a la sociedad aumentando el número de ingenieros y arquitectos que están educados para diseñar y construir infraestructura en Puerto Rico que resista el embate de los eventos naturales (López del Puerto et al, 2019).

RISE-UP: ESTRUCTURA ACADÉMICA

RISE-UP se estructura a partir de una plataforma colaborativa entre tres campus del sistema de la Universidad de Puerto Rico. Los participantes son: La Universidad de Puerto Rico en Mayagüez (UPRM), la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras (UPRRP) y la Universidad de Puerto Rico en Ponce (UPRP). Los cursos se basan en un enfoque interdisciplinario de aprendizaje basado en proyectos (“Project Based Learning” o PBL por sus siglas en inglés). Este es un enfoque que enfatiza el aprendizaje a través de experiencias que se hacen eco de entornos similares a los del mundo real, haciendo hincapié en la formulación de problemas y el rol que tienen los participantes en la definición de las características de esos problemas (Fruchter, 2004).

La interacción se produce en un entorno académico en el que convergen las disciplinas de diseño ambiental, ingeniería civil, agrimensura, ingeniería eléctrica, ciencias e ingeniería de materiales, y construcción. El programa consta académicamente de cuatro cursos (Tabla 1) complementados con oportunidades de internados y de investigación subgraduada. Los estudiantes toman los cursos en orden secuencial en un proceso que va de la presentación de contenidos y técnicas básicas, a la aplicación de esos conocimientos en un proyecto de diseño integrado (López del Puerto et al., 2020).

Tabla 1: Estructura de cursos de RISE-UP.

Título del curso	Descripción
Fundamentos de la práctica integrada para infraestructura resiliente y sostenible	Implicaciones de los desastres naturales en los procesos de diseño y construcción, incluidos los factores humanos, para la resolución de problemas del equipo de diseño.
Tecnología de la información para una infraestructura resiliente y sostenible	Tecnologías de la información para la infraestructura civil que serán utilizadas como herramientas por diseñadores y constructores para colaborar en equipos transdisciplinarios.
Diseño y construcción sostenibles y resilientes	Aplicación de la sostenibilidad y la resistencia al diseño y la construcción de ingeniería. Proporciona espacio para la discusión de los principios éticos y de ingeniería necesarios para respaldar el diseño y la construcción ecológicos y resilientes.
Producción de proyectos de diseño y construcción	Proceso de ejecución de proyectos de diseño y construcción e incluye el análisis de la dinámica del proceso de diseño y construcción para el desarrollo de infraestructura resistente y sostenible.

RISE UP: EN LA PRÁCTICA

El reclutamiento de estudiantes para participar en el primer cohorte de RISE-UP, se llevó a cabo durante el primer semestre del año 2019. En agosto de 2019, treinta (30) estudiantes ingresaron al programa y se matricularon en el primer curso de la concentración menor. En agosto de 2020, treinta y cuatro (34) estudiantes ingresaron al segundo cohorte de RISE-UP. Los estudiantes de ambos cohortes reflejan la diversidad que el proyecto busca en cuanto a área de especialidad, campus y género.



Figura 1: Primer cohorte de estudiantes de RISE-UP.

El primer curso de la concentración menor, titulado “Fundamentos de Práctica integrada para Infraestructura Sostenible y Resiliente (ARQU/INCI 4147)” se ofreció simultáneamente en tres campus de la Universidad de Puerto Rico, es decir Mayagüez, Río Piedras y Ponce, por primera vez en el primer semestre 2019-2020. Este curso se ofrece mediante un sistema mixto que integra charlas y discusiones sobre temas específicos asociados con los problemas de infraestructura en Puerto Rico, y se complementa con trabajos siguiendo una metodología de Estudio de Caso, con la cual los estudiantes registran y evalúan situaciones de la vida real en las cuales, componentes de la infraestructura de Puerto Rico, han sido impactados por condiciones climáticas extremas. Un ejemplo de Estudio de Caso que desarrollaron los estudiantes en equipos interdisciplinarios fue la evaluación de daños causados por el huracán María y el análisis de la vulnerabilidad sísmica del parque de pelota que se muestra en la Figura 2



Figura 2: Visita de campo al Parque de Pelota “Luis “Tite” Arroyo” en Peñuelas, Puerto Rico para realizar el estudio de caso.

Otro ejemplo que muestra la sinergia generada mediante este modelo de educación interdisciplinaria es la experiencia en un programa de investigación y diseño donde los estudiantes con mentoría de profesores se enfrentaron colaborativamente a la resolución de problemas reales de la infraestructura en Puerto Rico. Después de una introducción a la investigación, equipos interdisciplinarios evaluaron la respuesta sísmica de cuatro tipos de estructuras (escuela, casa, viaducto y central eléctrica) y generaron diseños que incorporan medidas de mitigación ante el embate de eventos naturales.

La experiencia final de la secuencia de cursos retoma este aprendizaje de la práctica integrada mediante el curso “Producción de proyectos de diseño y construcción”. El curso se basa en un enfoque interdisciplinario de aprendizaje basado en PBL para comprender y generar soluciones a una variedad de desafíos complejos de infraestructura en contextos de la vida real. El impacto físico de los huracanes Irma y María en la infraestructura y la vulnerabilidad de Puerto Rico a la actividad sísmica en curso constituyen el escenario para los casos de estudio que serán desarrollados durante el semestre.

CONCLUSIONES

A la fecha, los resultados de las evaluaciones estudiantiles indican que el 100% de los estudiantes encuentran la metodología PBL como "valiosa" o "muy valiosa" para entender la importancia de que la infraestructura sea sostenible y resiliente y para poner en práctica los conceptos aprendidos. Para muchos estudiantes, el enfoque de los estudios de caso y la metodología PBL representan una práctica novedosa, mientras que un 80% reporta que no habían experimentado "práctica directa en entornos reales" en cursos anteriores. Todos los estudiantes resaltaron la relevancia del trabajo con casos de estudio para su formación profesional; ellos consideraron que es una manera "muy útil" para comprender y poner en práctica el material del programa.

El programa sirve como ejemplo de las ventajas de integrar la tecnología de la información para permitir que los estudiantes de diferentes campus trabajen cooperativamente hacia un objetivo común. El modelo educativo de colaboración remota y la naturaleza práctica de los cursos mejoran substancialmente la educación relacionada con la

resiliencia y la sostenibilidad de la infraestructura en las disciplinas del diseño ambiental, ingeniería, y agrimensura. Esto fue particularmente apreciado durante el proceso en curso de educación remota debido a la pandemia, que requirió una transición rápida de los estudiantes del programa a la modalidad en línea. Nuestra experiencia a la fecha nos indica que el modelo educativo usado en RISE UP puede servir como modelo para la creación de otros cursos o programas interdisciplinarios que se construyan a partir de las fortalezas de cada campus.

En conclusión, consideramos que los estudiantes egresados de RISE-UP tendrán una mayor conciencia y conocimiento de los problemas asociados con resiliencia y sostenibilidad en el contexto de Puerto Rico. Esta formación interdisciplinaria les ayudará a estos profesionales a implementar este aprendizaje a otras situaciones ambientales que requieran de este tipo de pensamiento para la resolución interdisciplinaria de problemas. RISE-UP es un primer paso hacia una academia que provea una visión a largo plazo que fortalezca la conciencia de los profesionales en términos de su educación disciplinar en el marco de los conceptos de resiliencia y sostenibilidad para el diseño e implementación de las necesidades de infraestructura en el futuro.

RECONOCIMIENTO

Este material se basa en el trabajo apoyado por la “National Science Foundation” bajo las subvenciones No. 1832468 y 1832427 (programa HSI). Todas las opiniones, hallazgos y conclusiones o recomendaciones expresadas en este material pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente las opiniones de la “National Science Foundation”.

Los autores están muy agradecidos con los miembros del Consejo Asesor (Christina Algaze Beato, Sonny Beauchamp, Marilú de la Cruz Montañez, José Sánchez y Lee Vanessa Feliciano) y con los evaluadores (Luis Guillemard y Walter Díaz) por sus valiosos aportes. También estamos muy agradecidos por la dedicación de los estudiantes que participan en el proyecto y los profesores que integran el equipo de trabajo de RISE-UP (Fabio Andrade, Ismael Pagán, Ricardo López, Luis Suárez, Luis Daza, Aidcer Vidot y Luis Montejo). Para obtener información adicional sobre RISE-UP, favor de visitar la página web <https://riseup.upr.edu/>.

REFERENCIAS

American Institute of Architects (AIA) (2007). “Integrated Project Delivery: A Guide”. Recuperado en 12 /6 /2020, de < https://help.aiacontracts.org/public/wp-content/uploads/2020/03/IPD_Guide.pdf >

Elvin, George (2007), *Integrated Practice in Architecture: Mastering Design- Build, Fasttrack, and Building Information Modeling*, Hoboken, N.J.: John Wiley and Sons.

Fruchter, R. (2004), “Global Teamwork: Cross-disciplinary, Collaborative, Geographically Distributed e-Learning Environment”, en J.D.J. Bento, M. Heitor y W. Mitchel (eds.), *Collaborative Design and Learning: Competence Building for Innovation*. Greenwood: Quorum Books.

López del Puerto, C., & Cavallin, H. E., & Perdomo, J. L., & Muñoz Barreto, J., & Suárez, O. M., & Andrade, F. (2019, June), “Developing a Collaborative Undergraduate STEM Program in Resilient and Sustainable Infrastructure”, *Paper presented at 2019 ASEE Annual Conference & Exposition*, Tampa, Florida. 10.18260/1-2—32629.

López del Puerto, C., & Cavallin, H. E., & Suárez, O. M., & Muñoz Barreto, J., & Perdomo, J. L., & Vázquez, D. E., & Andrade Rengifo, F., & Guillemard, L., & Troche, O. (2020, June), “Design and Assessment of Architecture/Engineering/Construction (AEC) Curricula for Resilient and Sustainable Infrastructure”, *Paper presented at 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access*, Acceso virtual: 10.18260/1-2—34386.