



**MÁSTER INTERUNIVERSITARIO EN ESTUDIOS DE LA CIENCIA,  
LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN**

**La Ingeniería Humanitaria como herramienta  
de aprendizaje-servicio para el desarrollo de habilidades  
profesionales y actitudes hacia una conciencia social  
en estudiantes de pregrado, en el marco de la  
construcción de un “sistema tecnológico y de  
innovación” alternativo en Latinoamérica**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

Presenta

**Irma Livier De Regil Sánchez**

Tutora

**Dra. Mónica Arroyo Vázquez**  
Universidad Politécnica de Valencia

julio de 2021

## ÍNDICE

Resumen.....	3
Introducción.....	4
1. Revisión de la literatura.....	7
1.1. Habilidades Profesionales.....	8
1.2. Conciencia social.....	10
1.3. Aprendizaje-Servicio.....	11
1.4. Ingeniería Humanitaria.....	11
2. Métodos.....	12
3. Resultados.....	14
4. Conclusión.....	20
5. Referencias.....	22

**La Ingeniería Humanitaria como herramienta de aprendizaje-servicio para el desarrollo de habilidades profesionales y actitudes hacia una conciencia social en estudiantes de pregrado, en el marco de la construcción de un "sistema tecnológico y de innovación" alterno en Latinoamérica<sup>1</sup>**

**Engenharia Humanitária como instrumento de aprendizagem de serviços para o desenvolvimento de competências profissionais e atitudes de sensibilização social em estudantes de graduação, no quadro da construção de um "sistema alternativo tecnológico e de inovação" na América Latina.**

***Humanitarian Engineering as a service-learning tool for the development of professional skills and attitudes towards social awareness in undergraduate students, within the framework of the construction of an alternative "technological and innovation system" in Latin America.***

**Resumen**

Con el objetivo de describir la percepción de estudiantes de pregrado en relación con la Ingeniería Humanitaria como una herramienta de aprendizaje-servicio para el desarrollo de sus habilidades profesionales y de sus actitudes hacia una conciencia social en comparación con otros cursos, se realizó una intervención mediante su participación en el "International Humanitarian Engineering Seminar" (IHES) en modalidad COIL, diseñado por investigadores de UNIVA Guadalajara y de la MSU of Denver, e impartido en colaboración con profesores de otras dos universidades internacionales. Se presentan los resultados de un estudio descriptivo, comparativo, longitudinal, cuasi-experimental, mediante la aplicación de una encuesta inicial y otra de salida a 32 estudiantes de pregrado inscritos en cursos vinculados al IHES. Se utilizaron dos cuestionarios estructurados, en versión español e inglés, validados con un alfa de Cronbach de 0.97 para 42 ítems en escala de Likert y batería de preguntas adjetivas con puntuación ponderada, relacionados con la percepción sobre tres variables de estudio. Los datos fueron analizados mediante la distribución de frecuencias, se utilizaron promedios y moda como medidas para describir el nivel de conocimiento, así como la evaluación al desempeño de los equipos durante el taller y la presentación de las propuestas por los expertos.

**Palabras clave:** Ingeniería Humanitaria, Aprendizaje-Servicio, Habilidades profesionales, Conciencia social, Tecnología apropiada, Educación

**Abstract**

*With the objective of describing the perception of undergraduate students in relation to Humanitarian Engineering as a service-learning tool for the development of their professional skills and their attitudes towards social awareness in comparison with other academic courses, an intervention was carried out through their participation in the "International Humanitarian Engineering Seminar" (IHES) in COIL modality, designed by researchers from UNIVA Guadalajara and MSU of Denver, and taught in collaboration with professors from two other international universities. The results of a descriptive, comparative, longitudinal, quasi-experimental study are presented, through the application of an initial and an exit survey to 32 undergraduate students enrolled in courses linked to the IHES. Two structured questionnaires were used, in Spanish and English versions, validated with a Cronbach's alpha of 0.97 for 42 items on a Likert scale and a battery of adjective questions with weighted scores,*

---

<sup>1</sup> Se presenta el documento TFM con el formato de la Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

*related to the perception of three study variables. The data were analyzed by frequency distribution, averages and mode were used as measures to describe the level of knowledge, as well as the evaluation of the teams' performance during the workshop and the presentation of the proposals by the experts.*

**Keywords:** *Humanitarian Engineering, Service-Learning, Professional Skills, Social Awareness, Appropriate Technology, Education*

## **Introducción**

Situar bajo la lente a la ciencia, a la tecnología y a la innovación, sus objetivos, metodologías, procesos, resultados e impactos, resulta básico para comprender los fenómenos sociales alrededor de estas, cómo se ha conducido y cómo se conduce el progreso de la humanidad y, sobre todo, para encontrar las rutas que mejoren sus procesos a futuro, en vías de reducir los impactos negativos y favorecer los positivos de cada una y en conjunto.

Con el interés de promover una efectiva educación en STEM con perspectiva social y llevarla a la praxis mediante la formulación de una amalgama situada en algún punto de las ciencias exactas e ingenierías con las ciencias sociales, en el entendido de que no es posible el avance de unas sin las otras, el presente trabajo aborda a la Ingeniería Humanitaria como una herramienta que privilegia este enfoque durante el desarrollo integral de los futuros científicos, tecnólogos y emprendedores, para lograr innovaciones que conduzcan a una transformación social real, alineadas con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).

Además, la comprensión de la conexión existente entre la ciencia, la tecnología y la innovación, y de estas con la sociedad, permite encontrar los problemas en la gestión de su vinculación, así como determinar el rol de esta última en los procesos y resultados de las tareas de investigación y desarrollo de nuevos productos. En este tenor, diseñar programas los cuales ofrezcan capacitación, métodos y técnicas dirigidos a los futuros profesionistas para impulsar la productividad, no solo dentro del sistema tecnológico dominante, si no en un sistema tecnológico y de innovación alterno que sea capaz de cubrir las necesidades más elementales de los seres humanos, es una tarea imperativa de las instituciones educativas, para lograrla resulta de interés estudiar la percepción social sobre estas iniciativas para trazar la ruta más efectiva hacia el logro de los objetivos.

No existe mejor forma de promover las actividades y las buenas prácticas en relación con la ciencia, la tecnología y la innovación, si no es a través de la educación, esta sentará las bases en los futuros profesionistas quienes tendrán en sus manos el desarrollo de innovaciones tecnológicas apropiadas y asequibles para aquellos estratos sociales a los cuales no se les ha permitido entrar en la ola del avance tecnológico.

Actualmente existe una brecha entre los avances de la tecnología y las necesidades básicas no cubiertas como acceso al agua y saneamiento, energía, refugio, salud, educación y la resiliencia ante momentos de crisis (Nolan, 2002; Van De Vegte, 2017). La ingeniería impulsada por la tecnocracia, se ha enfocado en mejorar la vida del 10% de los individuos en el mundo con tecnología avanzada y ha dejado a la deriva al 90% restante que no cuentan con recursos para adquirirla. Por tanto, surge la necesidad de que la ingeniería tradicional se abra a un enfoque interdisciplinario, de aprendizaje colaborativo, a complementarse con técnicas flexibles, locales, propias de las comunidades vulnerables

utilizando sus propios recursos (Murphy, 2009); por tanto, ingenieros y tecnólogos son necesarios para ofrecer soluciones ante los problemas que aquejan a la humanidad, pero parece que estos no se ubican profesionalmente como solucionadores de dichas situaciones (Van De Vegte, 2017), no están preparados para involucrarse con las comunidades vulnerables para ayudarlas a enfrentar los retos globales (Harsh et al., 2017) lo que hace cuestionable el cómo se los está formando ante los retos de la humanidad y del planeta, y el cómo inculcarles la responsabilidad social y deber profesional (Van De Vegte, 2017).

La actual carencia de perspectiva humana y social por parte de la mayoría de los tecnólogos e innovadores, que se enfocan más a la técnica y el resultado práctico del uso de sus artefactos, dejando de lado el impacto social que estos pueden provocar, colocándose como posibles “insensibles” ante los asuntos que aquejan a cierto sector de la población, el más vulnerable, el que vive en condiciones de pobreza; ha generado una respuesta dentro de las instituciones educativas mediante la implementación de programas que acercan a los estudiantes a su realidad próxima mediante metodologías como el Aprendizaje-Servicio y los ayudan a sensibilizarse de la situación al participar en actividades comunitarias in situ, tal como ocurre con la Ingeniería Humanitaria (IH).

Con el objetivo de lograr que los desarrollos y oferta de soluciones tecnológicas sean ad-hoc al contexto; las universidades ofrecen también cursos en línea eficaces para mostrar a los estudiantes la utilidad de la ingeniería en el logro de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) a través de valores, visiones y objetivos compartidos, reorientando su perspectiva (Van De Vegte, 2017), así como talleres de participación comunitaria donde los ingenieros observan primero a las personas y en segundo plano a la tecnología (Harsh et al., 2017), de tal forma que se promueve en ellos el pensamiento socio-técnico que incluye tanto la perspectiva de la ingeniería, como la del desarrollo comunitario sostenible. Sin embargo, un estudio realizado por Mazzurco y Daniel (2020), muestra que los estudiantes dominan el aspecto tecnológico, pero no el de las personas y sus contextos, y señalan que se presenta una oportunidad para mejorar las prácticas pedagógicas en este tenor. Así mismo, Harsh et al. (2017) exponen que, al finalizar un taller, los estudiantes comprendieron mejor los aspectos sociales, por lo que proponen también fortalecer los programas existentes para ayudar a los ingenieros a considerar a las personas y a la sociedad en los sistemas de ingeniería actuales.

Para satisfacer las necesidades de las comunidades vulnerables e impulsar su desarrollo social y humano, han de involucrarse en el diseño en ingeniería, conceptos como ingeniería de desarrollo comunitario, diseño para el desarrollo, diseño en el Base de la pirámide, o bien, la ingeniería humanitaria y la tecnología apropiada (Jagtap, 2019), que son los conceptos de interés en este documento.

La Ingeniería Humanitaria parte de la fusión de la praxis de las ciencias duras y las ciencias sociales, resultando en desarrollos adecuados y asequibles, Schumacher (1993) los nombra tecnología intermedia o tecnología apropiada, una propuesta sostenible, que sustituye lo global (conocimiento exógeno) y estandarizado, por lo local (conocimiento endógeno) y específico al tomar ventaja de los recursos propios de una comunidad, ayudando a sus miembros a mejorar y aumentar su capacidad creadora y resolutive. Aunque la Ingeniería Humanitaria se ha relacionado con la atención a poblaciones en situación de crisis por catástrofes, esta ofrece los elementos para responder ante la brecha tecnológica existente y coadyuvar en la generación de un sistema tecnológico y de innovación alterno que, lejos de contraponerse al sistema avanzado actual, lo

complemente, brindando atención a esos segmentos de la población menos favorecidos y sin acceso a la alta tecnología.

Los programas de Ingeniería Humanitaria y emprendimiento social en las universidades tienen como objetivo que los estudiantes desarrollen sus habilidades profesionales y sociales; ya que, con las experiencias vividas al involucrarse con la población de las comunidades en situación vulnerable, desarrollan habilidades técnicas y no técnicas (blandas), además de ayudar a mejorar las condiciones de vida de las personas (Mehta & Gorski, 2016). Sin embargo, ante las vastas experiencias, en contextos diferentes, con metodologías de investigación y temas de diseño distintos, pudiendo los pobres involucrarse o no, es necesario realizar más estudios sobre el tema (Jagtap, 2019) para definir una ruta de acción que guíe y conduzca a las mejores prácticas y con los mejores resultados.

Una situación que aqueja a la Ingeniería Humanitaria con su visión holista y propósito de hacer ver a los estudiantes y profesionistas el impacto positivo de su profesión en la humanidad, en la sociedad y el medio ambiente con actividades éticas y sostenibles, es que al llevar a los estudiantes a las comunidades vulnerables puede hacerlos sensibles a los problemas del contexto real con el objetivo de ofrecer soluciones tecnológicas apropiadas, pero las propuestas pueden tener efectos y repercusiones contrarios como debilitar a las comunidades, haciéndolas perder o modificar sus costumbres, algunas ancestrales; generarles dependencia hacia aquellos quienes “les ayudan” alejándolas del empoderamiento; además el rol del estudiante puede ser malinterpretado al percibirse estos a sí mismos como “salvadores” de esas personas (Birzer & Hamilton, 2019).

Las instituciones educativas se presentan entonces como las formadoras de profesionistas con habilidades, competencias y sensibilidad ante los desafíos mundiales, capaces de transformar al mundo, que durante su proceso de enseñanza-aprendizaje son integrados en su rol de estudiantes a experiencias de la vida real con el objetivo de proponer y ofrecer soluciones a aquellos que más lo necesitan. Por tanto, surgen las siguientes preguntas ¿Cómo es la percepción de los estudiantes sobre la IH como herramienta de aprendizaje-servicio que lo involucre en la resolución de problemas del entorno, en comparación con otros cursos de su carrera? ¿Cuál es el cambio percibido por los estudiantes en sus habilidades profesionales tras haber participado en un curso de IH? ¿Cuál es el cambio percibido por los estudiantes en sus actitudes hacia una conciencia social tras haber participado en un curso de IH? ¿Cuál es el cambio percibido en los estudiantes sobre su conocimiento en temas de ingeniería humanitaria? ¿Cuál es el porcentaje de cumplimiento de las condiciones solicitadas en propuestas conceptuales desarrolladas por los estudiantes durante un curso de IH?

El objetivo del presente estudio es describir la percepción de estudiantes de pregrado en relación con la Ingeniería Humanitaria (IH) como herramienta de aprendizaje-servicio para el desarrollo de sus habilidades profesionales y de sus actitudes hacia una conciencia social en comparación con otros cursos, esto a partir de una intervención mediante su participación en el “International Humanitarian Engineering Seminar” (IHES) en modalidad COIL, en el marco de la construcción de un “sistema tecnológico y de innovación” paralelo en Latinoamérica donde se genere tecnología apropiada e innovación social o frugal para un sector de la población que presenta condiciones vulnerables.

La Ingeniería Humanitaria (IH) ofrece una visión holista de la ingeniería, de la aplicación del conocimiento científico y tecnológico en el desarrollo de tecnologías intermedias en pro

del bienestar social y el bien común, apropiadas a las condiciones exógenas y endógenas de los usuarios que las demandan en vías de ofrecer verdaderas soluciones a los problemas que les aquejan y afectan como comunidad y sociedad. La Ingeniería Humanitaria y las tecnologías apropiadas presentan potencial como herramientas ante el desafío global de dar respuesta a los Objetivos del Desarrollo Sostenible determinados por la ONU, al ser pertinentes, integradoras, incluyentes, éticas, socialmente responsables y respetuosas de los factores culturales; si bien, no conducen a los pobres hacia la vertiginosa trayectoria tecnológica actual, pueden ayudar a disminuir la brecha tecnológica entre grupos sociales y a mejorar las condiciones de vida que aquellos que “parecieran” estar marginados de los avances y el progreso.

Tras el diseño e implementación de un programa de movilidad sobre Ingeniería Humanitaria durante el verano del 2017 por la Universidad del Valle de Atemajac y la Metropolitan State University of Denver, se recuperó la percepción de los estudiantes antes y después de la actividad. Los resultados comparativos no indicaron diferencias significativas ya que la expectativa era muy alta, sin embargo, la asociación entre variables de desarrollo de habilidades y actitud hacia una conciencia social incrementó después de la experiencia. Con el interés de mejorar la calidad de las prácticas de aprendizaje-servicio de los estudiantes de las escuelas de ingenierías y de otros ámbitos del saber, en colaboración con profesores de la Metropolitan State University of Denver, de la SRH University Heidelberg y de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, la Universidad del Valle de Atemajac, Campus Guadalajara diseñó el “International Humanitarian Engineering Seminar” (IHES), para la generación de propuestas conceptuales de tecnología apropiada e innovación social o frugal por los estudiantes de educación superior, desde la perspectiva de los beneficiarios, las cuales brinden la posibilidad de dominio por parte de las comunidades y el surgimiento de emprendimientos en vías de construir un sistema tecnológico y de innovación paralelo al actual, asequible, que aborde los ODS hacia el 2030.

## **1. Revisión de la literatura**

Reina Rozo, Díaz Avendaño, Gaitán Albarrán y Peña Reyes (2015) discuten el origen de la Ingeniería Humanitaria (IH). Destacan que como carrera se ha implementado en diversas instituciones de Europa y Norteamérica, pero no ha permeado en los países del hemisferio sur. Los autores determinan que la IH responde a las crisis, emergencias y al desarrollo de las poblaciones menos desarrolladas, por lo que se ha integrado como asignatura en los planes de estudio de las universidades de Estados Unidos, como propuesta de una nueva perspectiva teórica y metodológica de la ingeniería (Reina Rozo et. al, 2015:4).

A modo de ejemplo, Suárez et al. (2014) informaron sobre un proyecto de Agroenergética como respuesta al cambio climático y a la seguridad alimentaria, a través de la producción y suministro sostenible de alimentos para el autoconsumo y el uso adecuado de los campos agrícolas. En esta situación, la instalación de paneles fotovoltaicos sirvió para la generación de energía que se destinó a apoyar la comunicación básica y la tele-educación, estas facilidades llevaron a la transformación de las comunidades al desencadenar mejoras en los servicios de salud, transporte, desarrollo urbano e incluso, el empleo; resultados de este tipo abren la visión de las personas a las posibilidades de la tecnología como una herramienta de desarrollo que puede mejorar su estilo de vida (Murillo y Roldán, 2012). Sin embargo, para que este tipo de proyectos sean exitosos, es imprescindible la participación y colaboración de las personas de la comunidad beneficiaria; como señalan Suárez et al. (2014) al introducir y capacitar a la población en el uso de los residuos y el manejo de las

plantas de producción de biogás, se logró el empoderamiento de las personas sobre esta tecnología y se posibilitó un camino hacia la transformación sostenible de la comunidad.

Reina Rozo et al. (2015) presenta el caso de la Universidad Nacional de Colombia (UNC) y el *Aprendizaje Basado en Problemas*, como estrategia pedagógica para involucrar a los estudiantes de ingeniería en la solución de problemas que a partir de actividades de investigación, teoría, práctica, conocimiento y desarrollo de habilidades en comunidades vulnerables. Este enfoque incluye la "Cátedra de ingenio, ciencia, tecnología y sociedad", un espacio de discusión y reflexión con expertos, lecturas, donde los estudiantes formulan proyectos en comunidades vulnerables para la co-creación de ciencia y tecnología con un enfoque interdisciplinario, desde y para las comunidades. Los autores exponen la pertinencia de la aceptación de los estudiantes, la utilidad y el trabajo interdisciplinario durante el programa, pero también la falta de interés de algunos profesores de la facultad de ingeniería, las limitaciones para realizar los proyectos y el trabajo de campo en conjunto con la población de las comunidades. (Reina Rozo et al., 2015:7-9).

Por su parte, Toledo y Reyes (2010) estudiaron la influencia de la aplicación de un proyecto de *Aprendizaje Servicio Comunitario* en el fortalecimiento de la conducta prosocial en 2 grupos de 50 estudiantes universitarios, quienes realizaron un diagnóstico, diseño y aprobación del proyecto y, finalmente, su implementación. Figueroa (2008) destaca las posibilidades que el *Aprendizaje Servicio* ofrece a la enseñanza de la ética, de la responsabilidad social, de la formación en valores y de la prestación de un servicio de calidad a la comunidad. Con la participación de los estudiantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje, este método promueve el pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas. Los autores no encontraron diferencias significativas entre los dos grupos. Observan que ambos grupos se ubicaron en el nivel medio de comportamiento prosocial e indican que antes de participar en el proyecto presentaban una actitud conductual moderadamente a favor de los aspectos sociales o comunitarios (Toledo y Reyes, 2010) que se incrementó de manera medible después del proyecto. Por lo tanto, integrar metodologías como el *Aprendizaje Basado en Problemas* (Reina Rozo et al., 2015), el *Aprendizaje Servicio* (Figueroa, 2008) o el *Aprendizaje Servicio Comunitario* (Toledo y Reyes, 2010) permitió a los estudiantes desarrollar habilidades a partir de conocimientos teóricos prácticos interdisciplinarios adquiridos con el interés de resolver problemas ambientales.

### **1.1. Habilidades Profesionales**

Refiriéndose a las habilidades, Aragón (2015, citado por Méndez Carmona, Mena Lorenzo y Pulido Díaz, 2017) considera básicas aquellas con carácter permanente a lo largo de la vida del profesional; Estas son imperecederas e invariables y son esenciales, previas a la formación y desarrollo de las habilidades profesionales específicas, las cuales son vistas por el autor como aquellas posibles de modificar cuando cambia el paradigma tecnológico, y son transitorias, perecederas y variables. La habilidad es la forma en la cual un individuo interactúa con los objetos o sujetos en una determinada actividad; dentro del aprendizaje de una disciplina se define como "acciones que el estudiante realiza al interactuar con el objeto de estudio para transformarlo, para humanizarlo".

Desde la perspectiva de la IH, las competencias que se utilizan pueden expresarse como un sistema de acciones que los profesionales utilizan durante su actividad teórica y práctica a partir de los conocimientos adquiridos en un determinado arte, ciencia o tecnología (saber



hacer), con el propósito de resolver situaciones en el entorno social (Ortiz Ocaña, 2009). Esto exige una verdadera orientación hacia los individuos que buscan trabajar para dar soluciones a personas vulnerables que ayuden a satisfacer necesidades elementales y a erradicar la explotación. Los profesionales de la ingeniería se han involucrado durante décadas con la fuerza de la naturaleza para generar beneficios para la humanidad (Muñoz, 2015:6), han sido clave durante las acciones de ayuda humanitaria (Cortada Hindersin, Peña González y López de Bufalá, 2006) y necesariamente han adoptado la característica clave de la metodología de la IH.

Esta metodología requiere una perspectiva de respeto, protección y conservación de los usos y costumbres, religión, identidad y cultura de los pueblos beneficiados por la ingeniería a la hora de implementar mecanismos que integren los avances tecnológicos en las poblaciones más desprotegidas y marginadas del desarrollo y crecimiento global; los ingenieros han de integrar conocimientos y ciencias aplicadas para ofrecer mejoras en la calidad de vida y generar capacidad comunitaria. Se afirma que el ingeniero es más humanista que técnico, con actividades orientadas al desarrollo sostenible y humano, que pone el conocimiento y las habilidades al servicio del hombre (Velásquez y D'Armas, 2015). Sin embargo, las condiciones intrínsecas que presentan este tipo de proyectos son variadas respecto a los típicos problemas teóricos de la ingeniería. Por lo tanto, los profesores y estudiantes interesados en ejecutar proyectos con este enfoque social requerirán de una preparación específica (Muñoz, 2015) más allá de lo que se ofrece en los planes de estudio de las ingenierías, para que el talento y las habilidades puedan trasladarse mejor a los resultados en su trabajo de investigación y desarrollo tecnológico en beneficio de las personas (Velásquez y D'Armas 2015:36). Los trabajos de la IH impulsan entonces cambios en la enseñanza y en el diseño de los programas con una visión interdisciplinaria donde los estudiantes contemplan el impacto de su actividad en el entorno (Muñoz, 2015:6) y desarrollan sus propias competencias para ello.

Las competencias profesionales se expresan como las acciones especializadas que una persona realiza al interactuar con los objetos de su profesión. Las habilidades autorregulan la actividad personal, se activan por problemas del entorno en el que actúa el estudiante, con lo cual surgen motivaciones que lo impulsan a activarse mentalmente y prácticamente para transformar el objeto con el que trabaja y a sí mismo, a partir del aprendizaje (Ortiz Ocaña, 2009:46). El éxito de un profesional que realiza un trabajo en el área de actividades sociales que tienen como objetivo mejorar la capacidad de las personas vulnerables o marginadas, depende de una adecuada comprensión del contexto, la detección oportuna de los requerimientos básicos, el análisis de las posibles alternativas y la optimización de los recursos para garantizar, en un plazo razonable, la cobertura de las necesidades básicas y los aspectos de la dignidad humana en el proyecto. Este tipo de actividad pretende reducir los riesgos y la vulnerabilidad, se relaciona con la capacitación y la educación, con la salud, las tecnologías apropiadas y el desarrollo de sistemas productivos sostenibles, con la participación ciudadana y la descentralización de recursos y competencias (Cortada Hindersin et al., 2006:7-9).

Sin embargo, los ingenieros, al igual que otros profesionales, también están capacitados para atender y cumplir con lo que el cliente solicita. En ocasiones, este enfoque beneficia y atiende intereses particulares que podrían repercutir en el resto de la humanidad (Muñoz, 2015:6). Las competencias profesionales pueden desarrollarse para llevar a cabo un "conjunto de acciones productivas de manera consciente, utilizando correctamente [...] los métodos apropiados para su realización, logrando resultados cualitativos y cuantitativos adecuados en el trabajo" (Ortiz Ocaña, 2009:48), por ello destacan aquellos profesionales

que, además de cumplir con las necesidades de sus clientes, se esfuerzan por lograr un equilibrio social al prestar también servicio a la población en condiciones de pobreza o marginación (Muñoz, 2015:6). La ingeniería es una profesión que, como instrumento, puede integrar diversas disciplinas para contribuir a la igualdad y a la justicia social, fortaleciendo la capacidad productiva, aprovechando los recursos de forma consciente y asegurando la sostenibilidad ecológica a medio y largo plazo (Velásquez y D'Armas, 2015:35).

## 1.2. Conciencia social

No es posible alcanzar los resultados mencionados si el ingeniero, el científico o el profesional no desarrollan una conciencia social. Conciencia viene del latín *conscientia*, que significa *con conocimiento* y se define como un acto psíquico que permite a la persona percibirse en el mundo, [...] es el conocimiento reflexivo de las cosas (Rivas, 2002 citado por Velásquez y D'Armas, 2015:30). Por su parte, la conciencia social se define como la capacidad del ser humano de "percibir, reconocer y comprender los problemas y necesidades de las personas de nuestra comunidad, entidad, grupo social o tribu" (ACNUR Comité Español, 2016), percibir cómo el entorno puede favorecer o perjudicar el desarrollo de las personas, cooperar a través de diferentes mecanismos sociales (Rivas, 2002 citado por Velásquez y D'Armas, 2015:30) para la protección de los derechos fundamentales e inherentes a la condición humana y la promoción de valores como la solidaridad y el altruismo (ACNUR Comité Español, 2016).

Como la conciencia social y moral nos hace distinguir entre lo bueno y lo malo, se apoya en una estructura (Campang Chang, 2018:122-123), esta surge de la reflexión personal, que se reconoce en un grupo social y de los valores humanos como la empatía hacia el otro y la frustración (Melucci 1985:68; citado por Vallejo, 2020:65) en busca de una sociedad justa; además, una conciencia social e individual son únicas y se distinguen entre sí, la primera proviene de las influencias sociales, la educación y el sistema de creencias; la segunda surge de la pluralidad de conciencias, las del grupo o síntesis de las conciencias individuales, y estas coexisten entre sí. El individuo consciente tiene valores, capacidades y facultades que guían su convivencia social, le permiten percibir la realidad y sus lagunas para transformarlas en beneficio de la sociedad a la que pertenece (Campang Chang, 2018:124), pero la conciencia social no es la experiencia individual de la injusticia y la marginación sino la empatía y la conciencia de la misma y de la propia influencia en los demás (tanto positiva como negativa), por ello el individuo con conciencia social debe ofrecer una visión global a quienes, en el contexto del mundo desarrollado, presentan indiferencia ante las dificultades de poblaciones ajenas al desarrollo (ACNUR Comité Español, 2016).

La conciencia social en el ingeniero y otros profesionales surge cuando tiene sentido ser un profesional al servicio de la humanidad, sabiendo que las acciones que se realizan buscan el bienestar común (Velásquez y D'Armas, 2015:31), que hacen algo por una sociedad mejor y más justa. Estas acciones se desarrollan a partir de la generación de una conciencia moral y social donde cada uno de los miembros que la conforman, asumen su propia responsabilidad. (Campang Chang, 2018:128).

### **1.3. Aprendizaje de servicio**

El Aprendizaje-Servicio se centra en la educación de los estudiantes a través de actividades que conectan el plan de estudios con proyectos que pueden beneficiar a las comunidades asociadas. Giles Dwight y Eyster (1994) identifican el Aprendizaje-Servicio como algo que "incluye el aprendizaje a partir de la experiencia, la actividad reflexiva, la ciudadanía, la comunidad y la democracia". Es importante distinguir que el Aprendizaje-Servicio en la práctica proporciona beneficios tanto para los estudiantes como para la comunidad en la que están comprometidos en esta práctica. La Sociedad Nacional de Ingenieros Profesionales enumera como principio fundamental de la profesión el de "utilizar las habilidades profesionales para el bienestar de los seres humanos y de la sociedad".

Como tal, la formación en Ingeniería Humanitaria se alinea bien con este canon. Además, la Ingeniería Humanitaria ofrece una oportunidad para la educación de aprendizaje de servicio. Los estudiantes que se involucran en este tema suelen tomar conciencia de cómo sus habilidades pueden tener un impacto positivo en el mundo. Los estudios han descubierto que las experiencias de los estudiantes en proyectos de Ingeniería Humanitaria influyen en la conciencia social y orientan las futuras trayectorias profesionales (Brown & Bauer, 2020). Hasta este punto, la ingeniería es una disciplina con el servicio como un atributo central de la profesión: el servicio a la comunidad y la sociedad (Lucena, 2013), los ingenieros tienen la tarea de resolver los desafíos urgentes. De hecho, los estudiantes que acaban de cursar una carrera de ingeniería suelen citar el potencial para la resolución creativa de problemas como un atractivo para cursar estudios de ingeniería (Besterfield-Sacre, 1997; Matusovich & McCord, 2013). Los planes de estudios tradicionales de ingeniería se centran en la aplicación de la teoría y los fundamentos para resolver problemas preestablecidos. Esto puede conducir a programas de ingeniería que no fomentan la resolución de problemas inventivos y potencialmente alejan a los estudiantes prometedores. De hecho, la ingeniería tiene una tasa de deserción estudiantil inusualmente alta en dichos programas y esta desconexión se cita a menudo como una de las causas (Besterfield-Sacre, 1997; Marra et al., 2012).

Recientemente, los profesionales de la enseñanza de la ingeniería han abogado por cambiar su enfoque para incorporar más oportunidades comunitarias que involucren a los estudiantes directamente en la resolución creativa de problemas a través de la aplicación práctica. Los proyectos de aprendizaje-servicio pueden proporcionar esto. Por lo tanto, infundir los planes de estudio de ingeniería con programas de aprendizaje-servicio puede involucrar activamente a los estudiantes y, por lo tanto, reducir la tasa de deserción. Además, dado que los ingenieros están fundamentalmente implicados en la mejora social, sumergir a los estudiantes en actividades de aprendizaje-servicio que muestren claramente el impacto de sus habilidades en una comunidad no solo es prudente, sino que quizás sean las mejores prácticas (Litchfield & Javernick-Will, 2015).

### **1.3. Ingeniería humanitaria**

La ingeniería humanitaria consiste en la resolución de problemas con el fin de fomentar el bienestar de las personas desatendidas. Este trabajo pretende desarrollar la capacidad de las comunidades marginadas, empobrecidas o en situación de riesgo mediante un enfoque holístico que integra la invención, las estrategias de desarrollo, la participación de la comunidad en la toma de decisiones y las intervenciones tecnológicas. Asociados a menudo con los conceptos de Tecnología Apropiada (Schumacher, 1973), los proyectos de

Ingeniería Humanitaria suelen estar impulsados por conceptos de diseño sostenible y, por extensión, promueven la justicia social y la paz al tiempo que mejoran las condiciones de las comunidades beneficiarias. El profesional de este trabajo debe recibir una formación multidimensional. Las soluciones a menudo no se basan únicamente en la tecnología. Además de la ingeniería, son necesarias otras áreas de conocimiento para derivar soluciones adecuadas. Estos problemas están centrados en el ser humano y los proyectos que tienen éxito y que mejoran la capacidad de la comunidad están impulsados por una metodología participativa. Además, la complejidad de los problemas que aborda la ingeniería humanitaria debe tratarse con frecuencia de forma interdisciplinar. Por ello, el ingeniero humanitario debe ser hábil y estar formado en un amplio conjunto de conocimientos que incluya fundamentos técnicos y habilidades humanas. (Amadei, 2003; VanderSteen, 2008).

La ingeniería humanitaria se diferencia de la ingeniería tradicional sobre todo en sus objetivos de proyecto. Para formar a los profesionales para este trabajo, los planes de estudio deben divergir en consecuencia de la enseñanza tradicional de la ingeniería. Las escuelas de ingeniería se han centrado históricamente en las necesidades de mano de obra impulsadas por las empresas (Dyrenfurth & Bertoline, 2019). La ingeniería humanitaria está "arraigada en las ideas y aspiraciones más grandes de la ingeniería como servicio a la humanidad". En consecuencia, los programas enfocados en esta área deben ser diseñados para cubrir temas tanto técnicos como no técnicos a través de la lente de una "mirada nueva y holística del papel de la ingeniería en la sociedad [...] para permitir que todos los seres humanos disfruten de una calidad de vida donde se satisfagan las necesidades básicas [...] y el trabajo significativo." (Vandersteen, 2018). Debido a los desafíos intrínsecos que pueden exigir los proyectos de Ingeniería Humanitaria, muchos escenarios pueden beneficiarse de un enfoque basado en el Pensamiento de Sistemas.

El pensamiento sistémico es especialmente frecuente y se practica en los campos de la ingeniería sostenible y las ciencias ambientales. Este enfoque contempla la resolución de problemas a través de la lente del holismo y examina cómo está interconectado un sistema. Esta metodología se basa en la teoría de los sistemas generales de Von Bertalanffy (en 1969), el holismo de C. Smuts, la "emergencia" del ecologista estadounidense Eugene Odum (en 1953) y la visión sistémica de la educación del educador húngaro Béla Heinrich Bánáthy (en 1973). El pensamiento sistémico implica analizar los problemas en términos de interacción, conexión y cambio de estructuras. Debido a la complejidad de la resolución de problemas de ingeniería humanitaria y a la naturaleza interdisciplinaria del campo, el pensamiento sistémico se presta a acceder a soluciones en este ámbito.

## **2. Métodos**

El presente es un estudio descriptivo, longitudinal, cuasi experimental, de análisis comparativo a partir de las frecuencias y puntuación adjetiva combinada, cuyo trabajo de campo fue realizado en formato online dadas las circunstancias por la pandemia de la COVID-19, donde se abordó al inicio y al término de una intervención a los participantes, con dos cuestionarios estructurados diseñados por el Dr. Aaron Brown de la MSU y la Dra. Livier De Regil de UNIVA y propiedad de ambas instituciones, los cuales consideraron como variables de estudio su percepción sobre la Ingeniería Humanitaria (IH) como herramienta de Aprendizaje-Servicio, sobre su desarrollo de habilidades profesionales y el desarrollo de su actitud hacia una conciencia social, así como su conocimiento sobre los cuatro temas centrales de la capacitación.

En un primer momento fue diseñado el programa “International Humanitarian Engineering Seminar 2021” (IHES) por quien sustenta este trabajo, en colaboración con el Dr. Aaron Brown de la MSU of Denver y con la participación de la Dra. Ulrike Gayh de la SRH University Heidelberg (Alemania) y el Dr. Luis Guillermo Sañudo de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín (Colombia). Es un Taller-Seminario en modalidad COIL (Collaborative Online International Learning) que consta de cuatro sesiones teórico-conceptuales con una duración de una hora durante cuatro viernes consecutivos impartidas por los cuatro instructores anteriormente mencionados; estas se llevaron a cabo el 19 y 26 de febrero, y el 5 y 12 de marzo en alianza con el Centro de Competitividad y Emprendimiento Sostenible (CCES) de la UNIVA Guadalajara. Durante estas sesiones se trataron diversos temas como economía social, innovación frugal y emprendimiento social, ingeniería humanitaria y tecnología apropiada, medición de impacto socio-ambiental y desarrollo de tecnología como proceso abierto. El evento concluyó en la semana del 22 al 26 de marzo en la cual los estudiantes dedicaron dos horas de lunes a jueves a labores de taller en “breakout rooms” de la plataforma ZOOM, donde pusieron en práctica lo aprendido con guía de los instructores, para lograr el desarrollo de nuevos conceptos de productos y procesos. El último viernes se llevó a cabo el seminario donde realizaron las exposiciones de sus soluciones, las cuales versaron en temas sobre seguridad alimentaria, tratamiento y cuidado del agua, calidad de la educación y de la vivienda, problemas que los estudiantes identificaron previamente en su entorno y justificaron mediante revisión de diversas fuentes.

Aunque en el ejercicio participaron más estudiantes, tras una validación de los formularios se logró una muestra que integró a 32 estudiantes de pregrado de arquitectura e ingenierías de la Metropolitan State University de Denver y de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín a quienes se les vinculó al IHES desde sus clases. Los estudiantes americanos con la perspectiva desde un país desarrollado y potencia en el ámbito tecnológico; los estudiantes colombianos con la perspectiva de un país latinoamericano en vías de desarrollo; aprendieron a trabajar de forma conjunta con una visión compartida y tomando ventaja de lo que cada uno podía ofrecer al equipo.

El coeficiente Alfa de Cronbach obtenido para el instrumento inicial de 42 ítems en relación con las 3 primeras variables, con una muestra de 32 participantes fue de 0.969 y para el cuestionario de salida de 42 ítems con misma cantidad de muestra fue de 0.975, en ambos casos presentan consistencia. Los cuestionarios se aplicaron antes y después de la experiencia de aprendizaje-servicio para determinar si la percepción de los estudiantes cambió en torno a la Ingeniería Humanitaria. Las variables fueron mixtas (ordinales y de razón con valores discretos) mediante baterías de preguntas adjetivas en escalas de Likert que iban de 0 (nulo) a 5 (totalmente) para medir la percepción de los estudiantes considerando 18 reactivos sobre el IHES como herramienta de Aprendizaje-Servicio, 12 reactivos sobre su desarrollo de habilidades profesionales, 12 reactivos sobre el desarrollo de su actitud hacia una conciencia social y 4 sobre su conocimiento en los temas centrales de la capacitación.

A partir de la distribución de las frecuencias, se realizó la sumatoria de la cantidad de estudiantes que respondieron con los dos valores más altos (4 y 5) antes y después de la experiencia los cuales fueron comparados para obtener la diferencia en cada apartado. También se obtuvieron las puntuaciones combinadas de las respuestas adjetivas mediante la sumatoria de los valores obtenidos del 0 al 5 en cada indicador de cada variable por cada estudiante ( $n=32$ ), donde la mínima es 0 y la máxima es  $5 \times 32 = 160$ , de esta forma se realiza la sumatoria de los diferentes puntajes en cada aspecto para obtener un puntaje como medición total de dicha percepción antes y después para determinar si esta incrementó

positivamente o no y en qué porcentaje. Para Aprendizaje-Servicio la máxima puntuación combinada es de 2880 y para el desarrollo de habilidades profesionales, así como de la actitud hacia una conciencia social es de 1920 puntos.

Para exponer el aprovechamiento de los estudiantes, se utilizó el comparativo entre lo manifestado por los estudiantes sobre su conocimiento previo sobre los temas impartidos y el posterior a la capacitación, los resultados obtenidos se triangularon con las calificaciones obtenidas en cada equipo al utilizar dos rúbricas, una de 20 ítems para la evaluación del trabajo final utilizada por los cuatro instructores con una ponderación del 65% y otra de 10 ítems para calificar la presentación de la propuesta durante el seminario utilizada por los responsables del CCES UNIVA con una ponderación del 35%.

Las hipótesis de naturaleza descriptiva que se plantean para cada cuestionamiento son las siguientes:

H1: De acuerdo con la percepción de los estudiantes, la IH es mejor herramienta de aprendizaje-servicio para involucrarse en la resolución de problemas del entorno en un 10% en comparación con otros cursos de su carrera.

H2: De acuerdo con la percepción de los estudiantes, sus habilidades profesionales incrementaron un 10% durante el IHES.

H3: De acuerdo con la percepción de los estudiantes, sus actitudes hacia una conciencia social incrementaron un 10% durante el IHES.

H4. De acuerdo con la percepción de los estudiantes, estos incrementaron su conocimiento sobre los temas de ingeniería humanitaria en un 10%.

H5: Las propuestas conceptuales desarrolladas durante el IHES cumplen con más del 85% de las condiciones solicitadas en cuanto a la IH.

La comprobación estadística de las hipótesis no será presentada en este documento, pero se utilizará la prueba t de student para demostrar si existió un cambio significativo en la percepción de los estudiantes antes y después de la experiencia.

### **3. Resultados**

La muestra de estudiantes estuvo conformada por un 47% (n=15) procedentes de Colombia y un 53% (n=17) de Estados Unidos; 56% (n=18) manifestaron ser mujeres y el 44% (n=14) hombres. Estos conformaron seis equipos de trabajo para ejecutar las actividades durante los talleres y presentar finalmente seis propuestas de solución a los problemas de su entorno.

Se presenta en la tabla #1 el comparativo de la cantidad de estudiantes y porcentaje correspondiente a la muestra, obtenidos con respuesta favorable que considera la sumatoria de quienes respondieron “Mucho” (4) y “Totalmente” (5) ante su percepción acerca de otros cursos de su programa educativo antes de la experiencia y su percepción sobre el IHES (International Humanitarian Engineering Seminar) como herramientas de Aprendizaje-Servicio.

**Tabla #1. Comparativo de respuestas favorables sobre los aspectos del Aprendizaje-Servicio en otros programas y en el IHES**

Aspectos del Aprendizaje-Servicio	Antes		Después		Diferencia	
	Frec	%	Frec	%	Frec	%
Comprensión sobre problemas de la comunidad	15	47	24	75	+9	+28
Responsabilidad como profesional y ciudadano	18	56	26	81	+8	+25
Conexión con la vida real	17	53	27	84	+10	+31
Combinar actividades con servicio a la comunidad	9	28	26	81	+17	+53
Motivación para participar en proyectos comunitarios	10	31	21	66	+11	+35
Servir a comunidad mejora comprensión de los programas educativos que curso	11	34	22	69	+11	+35
Servir a comunidad mejora entendimiento de la utilidad de mi profesión para resolver problemas sociales	12	38	26	81	+14	+43
Conciencia sobre mis prejuicios sociales	16	50	22	69	+6	+19
Involucrarse en los problemas mediante el servicio a comunidad	11	34	24	75	+13	+31
Comprensión del rol como ciudadano	11	34	25	78	+14	+44
<b>Interés en aprendizaje-servicio</b>	<b>21</b>	<b>66</b>	<b>21</b>	<b>66</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Invitar a otros a aprender mediante el servicio a comunidad	16	50	20	63	+4	+13
Tareas desafiantes y educativas	17	53	22	69	+5	+16
Interacción con estudiantes extranjeros	7	22	25	78	+18	+56
Conciente de la vulnerabilidad de otros	12	38	22	69	+10	+31
Práctica de la justicia y la equidad	13	41	28	88	+15	+47
Aprovechar recursos para el bienestar de otros	10	31	27	84	+17	+53
Actividad profesional vinculada a los ODS	16	50	24	75	+8	+25

Se observa que, en todos los aspectos, excepto en el “interés en aprendizaje-servicio” en el cual no se presentó diferencia, hubo un incremento de estudiantes con una percepción positiva tras vivir la experiencia del IHES. Destacan con un incremento del 50% los estudiantes que ven en la IH una forma de combinar sus tareas y actividades con el servicio a la comunidad, de aprovechar oportunidades y recursos para asegurar que otras personas en situación vulnerable puedan gozar de bienestar y mejor nivel de vida, así como perciben beneficios al interactuar durante las actividades con estudiantes de otros países.

El gráfico #1 muestra el comparativo de la puntuación adjetiva que los estudiantes otorgaron a cada uno de los diferentes aspectos del Aprendizaje-Servicio en relación con otros programas y el IHES, donde se observa, de forma distinta a la expuesta en la tabla anterior, la diferencia entre las percepciones manifestadas antes, con valores entre 60 y 120, y después de la experiencia donde estos se incrementaron a puntajes entre 120 y 140. Es evidente que la IH fue una mejor experiencia de Aprendizaje-Servicio para los estudiantes, a pesar de las condiciones en las que el IHES se llevó a cabo debido a la contingencia sanitaria al no permitir que los estudiantes realizaran el trabajo in situ.

**Gráfico #1. Comparativo de la puntuación adjetiva sobre los aspectos del Aprendizaje-Servicio en otros programas y en el IHES**



En cuanto a la puntuación adjetiva combinada sobre los aspectos del Aprendizaje-Servicio en otros programas y en el IHES, la tabla #2 presenta antes de la experiencia la obtención de 1734 puntos, los cuales incrementaron a 2297 después del IHES lo que representa un incremento de casi el 20%.

**Tabla #2. Comparativo de la puntuación adjetiva combinada sobre los aspectos del Aprendizaje-Servicio en otros programas y en el IHES**

n=32	Puntuación por aspecto	Puntuación combinada	Puntos Antes	Puntos Después	Diferencia	%
Puntos Min.	0	0	1734	2297	563	19.55%
Puntos Max.	160	2880				

En el mismo tenor, el comparativo entre la cantidad de alumnos con percepción sobre el desarrollo de habilidades profesionales en otros programas y en el IHES, presenta diferencias. La tabla #3 muestra un incremento en todos los aspectos excepto en creatividad, lo cual llama la atención, ya que se apela a ella durante el diseño de las propuestas, sin embargo, no hay como tal un módulo donde se aborde el tema explícitamente. Es de destacar que el dominio de otro idioma es la habilidad que perciben más desarrollada con un 66%, le siguen la visión empresarial con un 47% y el emprendimiento con un 34%, lo que supone que a los estudiantes de ingeniería perciben que no se les conecta con estos aspectos durante su formación profesional.

**Tabla #3. Comparativo de respuestas favorables sobre el desarrollo de habilidades profesionales en otros programas y en el IHES**

	Antes		Después		Diferencia	
	Frec	%	Frec	%	Frec	%
<b>Desarrollo de habilidades profesionales</b>						
Comunicación y trabajo en equipo	23	72	26	81	+3	+9
Comunicación oral y escrita	17	53	19	59	+2	+6



	Antes		Después		Diferencia	
	Frec	%	Frec	%	Frec	%
<b>Desarrollo de habilidades profesionales</b>						
Gestión de la información	14	44	18	56	+4	+12
Manejo de las tecnologías de información y comunicación	17	53	21	66	+4	+13
Pensamiento crítico	25	78	26	81	+1	+3
Creatividad	23	72	22	69	-1	-3
Dominio de otro idioma	2	6	23	72	+21	+66
Solución de problemas	21	66	24	75	+3	+9
Toma de decisiones	23	72	24	75	+1	+3
Visión empresarial	5	16	20	63	+15	+47
Autogestión	12	38	17	59	+5	+21
Emprendimiento	8	25	19	59	+11	+34

El IHES presentó un reto para instructores y participantes ya que la mitad hablaba español y la otra mitad inglés, sin embargo, se contó con la participación de estudiantes que hablaban o entendían el otro idioma y fueron los líderes de los equipos al integrar y hacer participar a los estudiantes que no lo dominaban durante el proceso. Queda evidente que lo que se observó durante las sesiones de forma cualitativa, resultó ser la habilidad percibida por los estudiantes como la más desarrollada.

El gráfico #2 muestra el comparativo de la puntuación adjetiva que los estudiantes otorgaron a cada uno de los diferentes aspectos en cuanto al desarrollo de sus habilidades profesionales durante otros programas cursados y el IHES, donde se observa de otra manera la diferencia entre las percepciones manifestadas antes, con valores entre 70 y 120, y después de la experiencia donde estos se incrementaron a puntajes entre 110 y 140, algunos aspectos con más acentuada diferencia que otros. Es evidente que los estudiantes perciben que la IH favorece el desarrollo de sus habilidades profesionales, aun cuando las condiciones de pandemia limitaron la realización de actividades de campo donde los estudiantes pudieran potenciarlas.

**Gráfico #2. Comparativo de la puntuación adjetiva sobre el desarrollo de habilidades profesionales en otros programas y en el IHES**



Siguiendo con la puntuación adjetiva combinada sobre los aspectos en relación con el desarrollo de habilidades profesionales en otros programas y en el IHES, la tabla #4

presenta antes de la experiencia la obtención de 1297 puntos, los cuales incrementaron a 1470 después del IHES lo que representa un incremento de casi el 9%. Es de destacar que los puntajes de inicio fueron altos para la mayoría de los aspectos, es decir, perciben que los programas o cursos que han llevado en su carrera han favorecido el desarrollo de sus habilidades, por lo que, aunque se presenta un incremento en el puntaje, este no fue superior al 10%

**Tabla #4. Comparativo de la puntuación adjetiva combinada sobre el desarrollo de habilidades profesionales en otros programas y en el IHES**

n=32	Puntuación por aspecto	Puntuación combinada	Puntos Antes	Puntos Después	Diferencia	%
Puntos Min.	0	0	1297	1470	173	9.01%
Puntos Max.	160	1920				

En la tabla #5 se presenta el comparativo de las respuestas favorables (valores de escala de 4 y 5) de los estudiantes en relación con el desarrollo de su actitud hacia una conciencia social en otros cursos o programas y en el IHES. La diferencia fue positiva en todos y cada uno de los aspectos considerados, destacan con más de un 25% el cuidado del medio ambiente, la empatía y preocupación por el otro, la solidaridad y preocupación por el bien común, el servicio y compromiso social, así como la promoción de la democracia y la justicia.

**Tabla #5. Comparativo de respuestas favorables sobre el desarrollo de la actitud hacia una conciencia social en otros programas y en el IHES**

	Antes		Después		Diferencia	
	Frec	%	Frec	%	Frec	%
<b>Desarrollo de la actitud hacia una conciencia social</b>						
Cuidado del medio ambiente	22	69	30	94	+8	+25
Promoción de la dignidad humana	19	59	26	81	+7	+22
Compromiso ético	23	72	27	84	+4	+12
Solidaridad y preocupación por el bien común	18	56	28	88	+10	+32
Identidad cultural	17	56	22	69	+5	+13
Promoción de la democracia y la justicia	13	41	24	75	+11	+34
Respeto por las diferencias	22	69	27	84	+5	+15
Servicio y compromiso social	19	59	29	91	+10	+32
Empatía y preocupación por el otro	19	59	28	88	+9	+29
Promoción de la equidad y la inclusión	21	66	27	84	+6	+18
Apertura a la diversidad cultural	22	69	28	88	+6	+19
Desarrollo comunitario sostenible	23	72	30	94	+7	+22

El comparativo de la puntuación adjetiva que los estudiantes otorgaron a cada uno de los diferentes aspectos en cuanto al desarrollo de la actitud hacia una conciencia social, a otros programas cursados y al IHES, se presenta en la gráfica #3 en la cual se observa la diferencia entre las percepciones manifestadas antes, con valores entre 100 y 120, y después de la experiencia donde estos se incrementaron a puntajes entre 120 y 140. A diferencia de la gráfica anterior, esta presenta valores más uniformes y se demuestra que los estudiantes perciben que la IH favorece el desarrollo de su actitud hacia una conciencia social.

**Gráfico #3. Comparativo de la puntuación adjetiva sobre el desarrollo de la actitud hacia una conciencia social en otros programas y en el IHES**



En el tenor del análisis de la puntuación adjetiva combinada sobre los aspectos en relación con el desarrollo de la actitud hacia una conciencia social en otros programas y en el IHES, la tabla #6 muestra 1424 puntos otorgados antes de la experiencia, los cuales incrementaron a 1610 después del IHES lo que representa un incremento de casi el 10%. En este caso también los puntajes de inicio fueron altos para la mayoría de los aspectos, es decir, perciben que los programas o cursos que han llevado en su carrera han favorecido el desarrollo de su actitud hacia una conciencia social, pero la diferencia es mayor en esta variable en relación con la de desarrollo de habilidades profesionales.

**Tabla #6. Comparativo de la puntuación adjetiva combinada sobre el desarrollo de habilidades profesionales en otros programas y en el IHES**

n=32	Puntuación por aspecto	Puntuación combinada	Puntos Antes	Puntos Después	Diferencia	%
Puntos Min.	0	0	1424	1610	186	9.69%
Puntos Max.	160	1920				

En cuanto a la percepción manifestada por los estudiantes sobre su conocimiento previo en temas que se impartieron durante el IHES, considerando una escala del 1 al 10, la media oscila entre 3.6 y 5.6, con una repetición en las respuestas entre 6 y 7, aunque sobre innovación frugal la mayoría dijo que no sabía del tema (0). Después de la capacitación durante el IHES la media oscila entre 7 y 8.2, con una repetición en las respuestas de 8 y 9. Solo en innovación frugal se repitió como respuesta 7, aunque este tema fue el que presentó una diferencia más amplia entre el antes y el después (Ver tabla #7). El porcentaje promedio de incremento fue del 29.3%.

**Tabla #7. Comparativo del conocimiento percibido por el estudiante antes y después del IHES**

Temas del IHES	Antes		Después		Diferencia
	Media	Moda	Media	Moda	Media
Innovación social	5.2±2.3	6	7.5±1.4	8	+2.3

Temas del IHES	Antes		Después		Diferencia
	Media	Moda	Media	Moda	Media
Innovación frugal	3.6±2.6	0	7.2±2	7	+3.6
Ingeniería Humanitaria	5.2±2.4	7	8.1±1.4	9	+2.9
Tecnología Apropriada	4.8±2.4	7	7.8±1.2	9	+3
Economía Social	3.8±2.4	7	7±1.7	8	+3.2
Desarrollo Comunitario Sostenible	5.6±2.1	6	8.2±1.2	8	+2.6

Lo anterior se refuerza con las calificaciones obtenidas a partir de las dos rúbricas utilizadas por seis expertos, los instructores evaluaron 5 ítems en relación con su tema expuesto y dos profesores expertos en emprendimiento calificaron 10 ítems sobre la exposición realizada durante el seminario. De acuerdo con los datos de la tabla #8, los seis equipos obtuvieron una calificación aprobatoria superior a 80, y fueron tres equipos los que superaron los 85 puntos de acuerdo a las condiciones establecidas.

**Tabla #8. Calificaciones otorgadas a las propuestas de IH presentadas**

	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6
	“Solar still garden”	“App for homeless”	“Rainwater catchment”	“Moravia water”	“Homeless housing”	“Education”
Experto 1	93	91	83	98	95	96
Experto 2	88	91	83	91	83	89
Pitch 35%	31.7	31.9	29.1	33.1	31.2	32.4
Propuesta	80	74	88	76	89	91
Propuesta 65%	52.0	48.1	57.2	49.4	57.9	59.2
<b>TOTAL</b>	<b>83.7</b>	<b>80.0</b>	<b>86.3</b>	<b>82.5</b>	<b>89.0</b>	<b>91.5</b>

Si consideramos que la media general en la percepción de los estudiantes sobre los conocimientos adquiridos fue de 7.6, el promedio general de los trabajos entregados de 85.5 habla de que la comprensión de los temas fue satisfactoria, esto indica, de acuerdo a la moda, que hubo pocos alumnos que no consideraron un aprendizaje tan elevado como otros ya que el 50% de las respuestas se concentran entre 8 y 8.5, excepto en innovación frugal que concentra al 50% a partir de 7.

## Conclusión

El International Humanitarian Engineering Seminar (IHES) se presenta como una herramienta de Aprendizaje-Servicio para fortalecer el desarrollo de habilidades profesionales en los estudiantes a través de la práctica y la atención a las necesidades de poblaciones desfavorecidas (Reina Rozo et al., 2015) en el marco de la construcción de un “sistema tecnológico y de innovación” alterno en Latinoamérica. Sobre la experiencia educativa de Aprendizaje-Servicio, si bien no fue posible que los estudiantes realizaran actividades de interacción directa con la población de una comunidad rural (Furco, 1996) sí observaron los problemas de su entorno y los atendieron con las soluciones propuestas; y según sus respuestas, esto representó una plataforma de crecimiento en lo profesional y en su conciencia social (Brown & Bauer, 2019). Los estudiantes utilizaron y desarrollaron sus habilidades durante las actividades teóricas y prácticas del IHES a partir de los conocimientos adquiridos sobre los diversos temas alrededor de la IH, con el propósito de ofrecer soluciones tecnológicas e innovadoras que resuelvan situaciones en su entorno

social (Ortiz Ocaña, 2009). Trabajaron propuestas dirigidas a grupos de personas vulnerables para ayudarlas a cubrir algunas necesidades elementales. Velásquez y D'Armas (2015) afirmaron que el ingeniero es más humanista que técnico, característica destacada por los resultados obtenidos en el estudio, los alumnos realizaron actividades orientadas al desarrollo sostenible y humano, y pusieron su conocimiento y sus habilidades para el desarrollo de tecnologías apropiadas al servicio del hombre y no solo ver sus resultados de forma utilitaria.

Tanto los profesores como los estudiantes mostraron interés en realizar los proyectos de desarrollo conceptual de tecnologías con enfoque social, por ello accedieron a recibir esta capacitación sobre temas específicos, lo que abrió la puerta a la posibilidad de considerar este tipo de cursos y experiencias como complemento de los planes de estudio actuales de ingeniería, así se lograría canalizar el talento y las habilidades hacia la investigación y el desarrollo tecnológico apropiado, asequible, dirigido a beneficiar a las personas en situación vulnerable (Velásquez y D'Armas, 2015), lo cual se logró con el IHES; la IH demostró impulsar cambios en la enseñanza y en el diseño de programas interdisciplinarios donde estudiantes con distinta carrera profesional pudieron observar el impacto en el entorno de su actividad conjunta (Muñoz, 2015) y en cumplimiento de los ODS.

Los estudiantes durante el IHES reconocieron y comprendieron los problemas y necesidades que aquejan al mundo (ACNUR Comité Español, 2016) englobados en los ODS; vivieron la cooperación (Rivas, 2002 citado por Velásquez y D'Armas, 2015) y aprendieron de valores como la solidaridad y el altruismo (ACNUR Comité Español, 2016). Durante el trabajo colaborativo con estudiantes de otro país, con otro idioma, los participantes se ubicaron en un grupo social multicultural donde aprendieron de empatía hacia el otro y también de frustración (Melucci 1985; citado por Vallejo, 2020) pero con un mismo objetivo, ser parte de una sociedad más justa. Sobre la conciencia social, los estudiantes de ingeniería y arquitectura percibieron desarrollarla al reconocer la utilidad de sus conocimientos y habilidades para generar propuestas tecnológicas apropiadas al servicio de otros más vulnerables, tal como lo señalan Velásquez y D'Armas (2015).

Por tanto, resultó evidente que los estudiantes reconocieron y manifestaron el desarrollo o fortalecimiento de sus habilidades profesionales y de su actitud positiva hacia una conciencia social a partir de la experiencia en el IHES, vieron en la Ingeniería Humanitaria una herramienta de Aprendizaje-Servicio que facilita su comprensión sobre su entorno, su rol en él, pero, sobre todo, su capacidad para transformarlo con la suma de pequeñas acciones desde su profesión y en colaboración con el otro.

De este modo se retoma el objetivo inicial y se presenta la siguiente descripción: de acuerdo con la percepción de los estudiantes, la IH es mejor herramienta de aprendizaje-servicio para involucrarse en la resolución de problemas del entorno en comparación con otros cursos de su carrera, no en un 10%, si no en un 20%. De acuerdo con la percepción de los estudiantes, sus habilidades profesionales incrementaron un 9% durante el IHES y no un 10% como se esperaba, ya que, al ingresar con una percepción positiva de sus cursos previos, la diferencia, aunque fue positiva fue menor. Tal como se esperaba, de acuerdo con la percepción de los estudiantes, sus actitudes hacia una conciencia social incrementaron un 9.7% durante el IHES e incrementaron su conocimiento sobre los temas de Ingeniería Humanitaria en un 29%, casi 3 veces lo esperado. Finalmente, las propuestas conceptuales desarrolladas durante el IHES cumplieron con más del 80% de las condiciones solicitadas en cuanto a la IH, solo el 50% de las propuestas obtuvieron el resultado esperado de 85%.

Aunque será necesario ampliar la muestra, incluso separar por nacionalidad y realizar el análisis comparativo para la comprobación estadística de hipótesis a partir de la prueba t de student para demostrar un cambio significativo en la percepción de los estudiantes de pregrado antes y después de la experiencia; queda evidente, desde lo manifestado por los participantes, la eficiencia de la Ingeniería Humanitaria como una herramienta de aprendizaje-servicio para el desarrollo de sus habilidades profesionales y de sus actitudes hacia una conciencia social en comparación con otros cursos, en el marco de la construcción de un “sistema tecnológico y de innovación” alterno en Latinoamérica.

## Referencias

- ACNUR Comité Español. (Julio, 2016). Fundamentos y evolución del concepto de conciencia social. Conciencia social y económica. Recuperado de <https://eacnur.org/blog/fundamentos-evolucion-del-concepto-conciencia-social/>
- Amadei, B. (November 5-8, 2003). Program in engineering for developing communities: viewing the developing world as the classroom for the 21st century. Proceedings of the frontiers in education conference. Boulder, CO.
- Besterfield-Sacre, M., Atman, C. J. & Shuman, L. J. (1997). Characteristics of Freshman Engineering Students: Models for Determining Student Attrition in Engineering. *Journal of Engineering Education*, 86: 139-149. doi:10.1002/j.2168-9830.1997.tb00277.x
- Birzer, C. H., & Hamilton, J. (2019). Humanitarian engineering education fieldwork and the risk of doing more harm than good. *Australasian Journal of Engineering Education*, 24(2), 51-60. doi:10.1080/22054952.2019.1693123
- Brown, A. & Bauer, M. (2020). Merging Engineering Education with Service-Learning: How Community Based Projects Encourage Socially Conscious Engineers. *Athens Journal of Education*, doi.org/10.30958/aje.X-Y-Z
- Campang Chang, E. (enero-junio, 2018). Conciencia Social y Moral. En *Revista Centroamericana de Ética*, pp. 120-144. Recuperado de <http://repositorio.uca.edu.sv/jspui/bitstream/11674/1070/1/RCE2018%20Ene-Jun%20H.%20Conciencia%20social%20y%20moral.pdf>
- Cortada Hindersin, F., Peña González, E. y López de Bufalá, T. (2006). Ingeniería en el continuo humanitario. Intervenciones desde la ingeniería para la promoción del Desarrollo Humano. En Agustí Pérez-Foguet (Ed.), *Ingeniería Aplicada a la Cooperación para el Desarrollo*, Volumen 7. Cataluña, España: Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteras
- Dyrenfurth M. & Bertoline G. (2019). To What Ends: Engineering, Technology, and Business Program Perspectives as to Their Key Purposes with Regard to the Society Housing Them. In Christensen S., Delahousse B., Didier C., Meganck M., Murphy M. (Eds.), *The Engineering-Business Nexus. Philosophy of Engineering and Technology*, vol 32. Springer, Cham

- Figuerola, A. A. (2008). Ética, Solidaridad y Aprendizaje Servicio en La Educación Superior. *Acta Bioética*, 14(1), 61–67. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=35401583&lang=es&site=ehost-live>
- Giles Dwight E. Jr. & Eyler, J. (1994). The Theoretical Roots of Service-Learning in John Dewey: Toward a Theory of Service-Learning. *Service Learning, General*, 150. <https://digitalcommons.unomaha.edu/slceslgen/150>
- Harsh, M., Bernstein, M. J., Wetmore, J., Cozzens, S., Woodson, T., & Castillo, R. (2017). Preparing engineers for the challenges of community engagement. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 1154-1173. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com) doi:10.1080/03043797.2016.1270902
- Jagtap, S. (2019). Design and poverty: A review of contexts, roles of poor people, and methods. *Research in Engineering Design*, 30(1), 41-62. doi:10.1007/s00163-018-0294-7
- Litchfield, K. & Javernick-Will, A. (2015), I Am an Engineer AND: A Mixed Methods Study of Socially Engaged Engineers. *Journal of Engineering Education*, 104: 393-416. doi:10.1002/jee.20102
- Lucena, J. (2013). *Engineering Education for Social Justice: Critical Explorations and Opportunities*. Springer, p. VI, 290.
- Marra, R. M., Rodgers, K. A., Shen, D. & Bogue, B. (2012). Leaving Engineering: A Multi-Year Single Institution Study. *Journal of Engineering Education*, 101: 6-27. doi:10.1002/j.2168-9830.2012.tb00039.x
- Matusovich, H. M. & McCord, R. (2013). Quantitative Analysis on Motivation, Learning Strategies and Conceptual Understanding. AICHE Annual Meeting, San Francisco, CA
- Mazzurco, A. & Daniel, S. (2020). Socio-technical thinking of students and practitioners in the context of humanitarian engineering. *Journal of Engineering Education*, 109 (2) 243-261. doi: 10.1002/jee.20307
- Mehta, K., & Gorski, I. (2016). Preparing engineers for careers in social innovation and sustainable development. Paper presented at the Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2016-November. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com) doi:10.1109/FIE.2016.7757558
- Méndez Carmona, R. A., Mena Lorenzo, J. A. y Pulido Díaz, A. (2017). Caracterización del desarrollo de la habilidad profesional básica medir en estudiantes de la especialidad Hidráulica. *Mendive. Revista de Educación*, 15(3), 295-304. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-76962017000300004&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-76962017000300004&lng=es&tlng=es)
- Muñoz, D. R. (2015). Ingeniería Humanitaria; una nueva manera de abordar la educación en Ingeniería. En *El Hombre y la Máquina* (46), pp. 5-6. Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia

- Murillo S., Roldan P., 2012. Modelo de Evaluación de energías renovables en zonas rurales de Colombia. CONCYTEG
- Murphy, H. M. (2009). Appropriate technology – A comprehensive approach for water and sanitation in the developing world. *Technology in Society*, 158-167.
- Nolan, Development Anthropology (Boulder: Westview Press 2002).
- Ortiz Ocaña, A.L (2009). Temas pedagógicos, didácticos y metodológicos. Bubok Publishing Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=eR22umtiXLAC&pg=PA46&lpg=PA46&dq=define+%22habilidades+profesionales%22+-cursos&source=bl&ots=WKOuZxjz9I&sig=ACfU3U1dObgxiDQKsHzDp96AjWlBPKYH5Q&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwipxtHrg7rqAhUEc60KHZSWCwY4ChDoATAJegQIChAB#v=onepage&q=define%20%22habilidades%20profesionales%22%20-cursos&f=false>
- Reina Rozo, J. D., Díaz Avendaño, H. A., Gaitán Albarracín, N. y Peña Reyes, J. I. (2015). Ingenio y sociedad: hacia una educación de ingeniería humanitaria en Colombia [Ponencia]. En Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Schumacher, E. F. (1973). *Small is beautiful; economics as if people mattered*. New York:Harper & Row, 1911-1977.
- Suárez J., Martín G., Cepero L., Blanco D., Sotolongo J., Savran V., Del Río. y Rivero J. (2014). Procesos de innovación local en Agroenergía, orientados a la mitigación y adaptación al cambio climático en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48, (1).
- Toledo, L. S., y Reyes, L. M. (2010). Proyectos de aprendizaje de servicio-comunitario y su influencia en las conductas prosociales de estudiantes universitarios. *Revista de Pedagogía*, 31(89), 379–401. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ehh&AN=91578451&lang=es&site=ehost-live>
- Vallejo, S. (2020). Movimientos sociales: Conciencia social y acción colectiva. *El Outsider*, 5. Recuperado de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/eloutsider/article/view/1577>
- Van De Vegte, J. (2017). Intercultural engineering online: Getting humanitarian engineering on the agenda. Paper presented at the IHTC 2017 - IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference 2017, 80-84. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com) doi:10.1109/IHTC.2017.8058205
- VanderSteen, J. D. J. (2008). *Humanitarian engineering in the engineering curriculum*. Queen's University. Thesis (PhD).
- Velásquez, L. J. y D'Armas, M. (marzo 2015). El ingeniero con conciencia social. una posibilidad para el desarrollo sostenible. En *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 19 (74), Recuperado de <http://ve.scielo.org/pdf/uct/v19n74/art03.pdf>