

## Importancia de la reproducibilidad y la replicabilidad en el desarrollo de proyectos que promueven la transversalidad

### Importance of reproducibility and replicability in the development of projects that promote transversality

SÁNCHEZ-LÓPEZ, Guillermina†, ZACARÍAS-FLORES, José Dionicio\* y MORENO-AGUILAR, Ma. Antonia

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 4 SUR 104. Centro Histórico, Puebla, Pue*

*Universidad Tecnológica de Puebla, Antiguo Camino a La Resurrección 1002 - A, Zona Industrial, 72300 Puebla, Pue*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Guillermina, Sánchez-López*

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *José Dionicio, Zacarías-Flores*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Ma. Antonia, Moreno-Aguilar*

Recibido 05 de Julio, 2018; Aceptado 14 de Agosto, 2018

#### Resumen

Como indica González, (2006), la experimentación es parte importante de la investigación tanto científica como industrial, es razón por la cual, al interior de los cursos de ingeniería, debe hacerse énfasis en la metodología correcta que ha de llevarse a cabo para el logro de los objetivos planteados, optimizando con esto en los procesos, tiempo y recursos económicos, el egresado de ingeniería debe ser consciente de este proceso de manera que pueda ser pieza clave en las mejoras de cualquier empresa donde preste sus servicios. Es de vital importancia dotar al estudiante de ingeniería de las herramientas que lo ayuden a ordenar y clarificar las variables que forman parte del diseño establecido. El Diseño de Experimentos es una herramienta estadística que permite optimizar procesos y productos en el desarrollo de proyectos, minimizando costos. La aplicación de esta estrategia está encaminada a contribuir con la formación del ingeniero, de manera que el insertarse al terreno laboral, sea un proceso fácil debido a la preparación que ha adquirido. La intención del presente trabajo es dar un panorama de lo aplicado y de las mejoras implementadas con la finalidad de disminuir la varianza del error.

**Aprendizaje, Proyectos, Competencias, Matemáticas**

#### Abstract

As González (2006) indicates, experimentation is an important part of both scientific and industrial research, which is why, within the engineering courses, emphasis must be placed on the correct methodology to be carried out for the achievement of the objectives, optimizing with this in the processes, time and economic resources, the engineering graduate must be aware of this process so that he can be a key piece in the improvements of any company where he provides his services. Of vital importance to equip the student of engineering tools that help you sort and clarify the variables that are part of the established design. In this tenor, the Design of Experiments is a statistical tool that allows to optimize processes and products in the development of projects, minimizing costs. The application of this strategy is aimed at contributing to the engineer's training, so that inserting himself into the labor field is an easy process due to the preparation he has acquired. The intention of the present work is to give a panorama of the applied and of the implemented improvements with the purpose of diminishing the variance of the error.

**Learning, Projects, Mskills, Mathematics**

**Citación:** SÁNCHEZ-LÓPEZ, Guillermina, ZACARÍAS-FLORES, José Dionicio y MORENO-AGUILAR, Ma. Antonia. Importancia de la reproducibilidad y la replicabilidad en el desarrollo de proyectos que promueven la transversalidad. Revista de Educación Técnica 2018, 2-5: 11-21

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jzacarias@fcfm.buap.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Dentro del curso de “Diseño de proyectos en sistemas de bioenergía”, se plantea desde hace 2 años, como técnica de enseñanza, el aprendizaje basado en proyectos, la experiencia adquirida en la implementación de esta metodología ha llevado a los autores del presente trabajo a realizar adaptaciones y modificaciones, con la finalidad de lograr con los estudiantes mejores resultados.

Uno de los principales problemas que se detectaron en las mencionadas implementaciones es la necesidad de la producción en serie, el estudiante debe ser consciente de lo que hizo, ¿cómo lo hizo? ¿por qué lo hizo? ¿Cómo repito lo que hice?

De tal manera, que lo anterior permita “reproducir” el prototipo cuantas veces sea necesario, pero para realizarlo se requiere saber con precisión los parámetros que intervinieron, no basta saber únicamente los pasos del procedimiento de obtención.

El planteamiento anterior es importante practicarlo con los futuros ingenieros para que los términos “producción en serie” o “línea de producción” no sea algo extraño.

Al salir de la universidad el estudiante debe haber adquirido las habilidades, destrezas, conocimientos, aptitudes y actitudes que le permita *vincularse* al terreno laboral de forma correcta.

En este caso y con la finalidad de aumentar la precisión, se emplea el diseño de experimentos DoE, como eje rector del aprendizaje basado en proyectos.

De esta manera se inicia el curso con un examen diagnóstico que permita determinar el bagaje de conocimientos previos con que cuentan los estudiantes.

En el caso de la aplicación realizada al grupo de 10° cuatrimestre de la ingeniería en energías Renovables de la Universidad Tecnológica de Puebla, la evaluación diagnóstica, arrojó como área de oportunidad:

- *Falta de trabajo colaborativo entre los estudiantes*

- *Poco conocimiento de estadística para la evaluación de pruebas en un proyecto.*
- *Acopio de información inadecuada para establecer los antecedentes de un proyecto*

Por lo que con los resultados arrojados en el diagnóstico se establecieron estrategias para la implementación de la *re-planeación* del curso, el cual sería nuevamente mediante aprendizaje basado en proyectos, pero en esta ocasión se empleará *el diseño de experimentos* como herramienta estadística para la valoración de avances y en su caso el aumento de la precisión, en los prototipos presentados.

Para el *planteamiento, desarrollo, aplicación y evaluación de los proyectos* se propuso con los estudiantes, la *formación de equipos*, cuyos integrantes sean escogidos según sus cualidades como *“investigadores, creativos, orden, liderazgo, redacción”*, de manera que por equipo solo exista una persona que tenga cada una de estas cualidades como dominante en su personalidad, tratando de evitar que en los equipos estén solo amigos o parejas de los integrantes. (Montgomery, D. C. 2005).

Lo anterior es debido a que se ha observado la dependencia que se da en este tipo de relaciones, existiendo el “amigo” o “el novio(a)” que no hace *“nada”* esperando que los demás sean los que le *“ayuden”* entregando el material a evaluar, situación que impide que el total de integrantes del grupo se vean en la necesidad de desarrollar sus capacidades, conocimientos, destrezas, actitudes y aptitudes.

Por parte del docente se plantea que a lo largo del cuatrimestre se de un seguimiento cercano al desarrollo del trabajo de los estudiantes, con la finalidad de “Detectar” a tiempo cualquier problema o atraso de estos, con esta finalidad se desarrollaron “Instrumentos de evaluación,” apropiados para cada etapa.

¿Qué *beneficios* puede tenerse al hacer *uso del diseño de experimentos* en el desarrollo de proyectos a nivel ingeniería?

- *Manufactura de productos capaces de resistir diversas condiciones de aplicación.*

- Determinar las características idóneas que el proceso de manufactura debe cumplir para mantener y elevar la calidad de la mercancía producida.
- Elección razonada de los materiales, proceso de producción para aumentar la calidad.
- Análisis de la relación entre los diferentes parámetros implicados tanto en el proceso como en la calidad del producto terminado.
- Aumento de la precisión de los procesos.

Por tanto, como indica Wackerly, (2010) el diseño de experimentos permite establecer modelos estadísticos aplicables para:

- Identificar las variables con mayor influencia en los procesos.
- Identificar el mejor valor de las variables para tener un valor cercano al promedio óptimo, con menor variabilidad.

En el contexto industrial es común la implementación de pruebas que ayuden a determinar los cambios que deben realizarse en los materiales, métodos o bien ciertas condiciones del proceso que permitan predecir y en su caso minimizar los problemas de calidad.

El diseño de experimentos nos da la oportunidad de realizar tanto el planteamiento como el seguimiento de actividades, es posible mediante este, definir como dice Mellado, (2010), el análisis estadístico óptimo según el prototipo presentado, estableciendo los factores que deberán variar y el cómo y el cuánto de las pruebas a realizar.

Siendo necesario recalcar con los estudiantes que el uso del diseño de experimentos es vital para cualquier investigación científica, que requiera realizar una reproducibilidad de los prototipos planteados, asegurando que las conclusiones realizadas sean válidas y objetivas.

En el *diseño de experimentos (DoE)*, se realiza una *variación intencional* en los parámetros que definen los prototipos, con la finalidad de determinar su importancia e influencia en el desarrollo del experimento.

Es importante recalcar algunos conceptos importantes utilizados en todo experimento dirigido mediante DoE, entre los cuales están:

- *Unidad Experimental*: el elemento (prototipo) al que se le modificarán intencionalmente los factores para observar su comportamiento.
- *Repetibilidad*: son las mediciones realizadas a un mismo prototipo.
- *Replicabilidad*: se refiere a que bajo condiciones similares se fabrica otro prototipo.
- *Bloque* es un conjunto de unidades experimentales preferentemente homogéneo que reciben el mismo tratamiento.
- *Error experimental*: es la variación de resultados debido a factores externos al experimento.

En cuanto a los principios bajo los cuales se desarrolla el DoE, que son: **Repetición, Aleatoriedad y Bloques**, permiten en su conjunto determinar las características del experimento en cuestión, estableciendo las bases para alcanzar la *certeza, evitar sesgos y dar validez*.

### Justificación

Esta propuesta se desprende de las implementaciones del aprendizaje basado en proyectos en la materia de Diseño de proyectos de bioenergía, en los últimos 2 años, donde se han ido observando áreas de oportunidad y mejora aplicación, tras aplicación, lo que ha mostrado lo enriquecedor de esta metodología.

Recordando el compromiso que la UTP tiene con el programa de Fortalecimiento de la Calidad en Instituciones Educativas (PROOCIE), el programa integral de Fortalecimiento Institucional, (PIFI), Programa de fortalecimiento de la calidad Educativa (PFCE), entre otros, los cuales evalúan de una u otra forma la calidad de los servicios que se prestan a los estudiantes con la finalidad de que al egresar tengan la seguridad de que lo aprendido es pertinente y actualizado, con lo cual sea posible que alcancen mejores herramientas para desempeñarse profesionalmente.

## Problemática

Una necesidad actual en la industria es la producción en serie, la cual implica que todas las piezas fabricadas presenten las mismas características, es decir dimensiones, color, etcétera.

La medición de estas características es causante de estándares de calidad a las que deben adecuarse y que todo fabricante se esmera en lograr para que su producto sea competitivo.

De manera que en la formación del ingeniero debe “mostrársele” la importancia de producir varias piezas diferentes logrando que todas tengan las mismas características y dimensiones, es decir que cumplan con ser replicables y reproducibles

Por otra parte, se tiene el objetivo del programa institucional, el cual plantea: Implementar la metodología de evaluación por proyectos como estrategia para mejorar los índices de retención, aprovechamiento académico, eficiencia terminal y titulación, *así como la incorporación de estudiantes a proyectos de desarrollo tecnológico con el sector productivo.*

Estas condiciones son las que provocan la presente propuesta para la implementación en los cursos donde se hace uso del aprendizaje basado en proyectos.

## Hipótesis

Las preguntas de investigación por tanto para esta propuesta son:

¿De qué manera puede “ordenarse” el diseño de un prototipo? ¿Cómo realizar un segundo prototipo perfeccionado? ¿Cómo proponer una producción en serie?

## Objetivo

Establecer una estrategia aprendizaje-enseñanza, que promueva la replicabilidad y reproducibilidad de prototipos didácticos, para los estudiantes de ingeniería

## Marco Teórico

Dentro de la formación del ingeniero, es imperante el que pueda cuatrimestre tras cuatrimestre, medir las capacidades que ha logrado desarrollar y que tan eficazmente puede aplicar los conocimientos estudiados, en la resolución de problemas de su entorno escolar, lo que en un futuro será en su entorno laboral.

Por definición sabemos que el término proyecto proviene de los verbos latinos proicere y proiectare, que significan: arrojar algo hacia adelante, como lo menciona Rivas, (2009), “*Un proyecto se refiere a un conjunto articulado y coherente de actividades orientadas a alcanzar uno o varios objetivos siguiendo una metodología definida, para lo cual precisa de un equipo de personas idóneas, así como de otros recursos cuantificados en forma de presupuesto, que prevé el logro de determinados resultados sin contravenir las normas y buenas prácticas establecidas, y cuya programación en el tiempo responde a un cronograma con una duración limitada*”.

Desde la perspectiva de Sánchez, (2013), la elaboración de todo proyecto involucra un análisis de información con la finalidad de dar respuesta a un cuestionamiento.

Es por tanto que el proyecto en sí permite “integrar” la docencia, la investigación y la practica real, elementos básicos en el proceso educativo.

Recordando que el aprendizaje significativo permite que los contenidos teóricos sean aplicados en la resolución de diversas problemáticas promoviendo con esto la mejora continua.

El desarrollo de competencias en el egresado de ingeniería es necesario irlo acoplando tanto con las necesidades académicas, como con las profesionales enmarcadas en el entorno organizacional.

El modelo por competencias implementado en las Universidades Tecnológicas, plantea la relación entre la triada: conocimientos, competencias y valores, considerando que en la formación del ingeniero estas deben estar perfectamente bien relacionadas para conseguir un aprendizaje significativo, que genere resultados y por tanto satisfacción profesional y personal.

Como lo indica Bolívar, (2003), este modelo establece claramente 3 ejes primordiales: **Capacidades de conocimiento y dominio personal**, como son: Motivación de logro, conocimiento de uno mismo, iniciativa, optimismo, autorregulación, autoconfianza y flexibilidad.

Así mismo se establecen **Competencias de gestión de relaciones**, entre las cuales están: empatía, liderazgo inspirador, conocimiento organizacional. Gestión del conflicto, trabajo en equipo y colaboración, capacidad de identificar los puntos fuertes y débiles de las personas y facilitarles los medios adecuados para que puedan mejorar y desarrollarse profesionalmente, sensibilidad para apreciar y respetar las diferencias y la diversidad y capacidad para escuchar y expresar mensajes no verbales.

Por otra parte están **las Competencias cognitivas de razonamiento**, las cuales involucran el *pensamiento analítico*, como la capacidad para comprender las situaciones y resolver los problemas a base de separar las partes que las constituyen y reflexionar acerca de ello de manera lógica y sistémica; el *pensamiento sistémico*: capacidad para percibir las interacciones entre las partes de un todo; *Reconocimiento de modelos*: capacidad de identificar modelos o conexiones entre situaciones que no están relacionadas de forma obvia y de identificar aspectos clave o subyacentes en asuntos complejos; *Expertise técnica*: Capacidad e interés en utilizar, mejorar y ampliar los conocimientos y las habilidades necesarias en relación con el propio trabajo, *Análisis cuantitativo*: capacidad para analizar, valorar y trabajar con datos y variables cuantitativas; *Comunicación escrita*: habilidad para redactar y sintonizar a través de mensajes escritos.

El poder desarrollar en los estudiantes estos tres ejes, no es tarea fácil, como bien lo menciona Bolívar, (2013), debe hacerse uso de una metodología participativa que con base a experiencias y retos permita impactar tanto en el plano cognitivo como en el emocional y conductual.

El estudiante debe tener una participación activa en su proceso de aprendizaje, descubriendo experimentando y tomando decisiones consientes al evidenciar sus competencias y áreas a desarrollar.

En esta sintonía el aprendizaje basado en proyectos nos permite desarrollar estos ejes del modelo por competencias en los estudiantes de ingeniería, permitiendo una participación activa del estudiante, al tratar de resolver la problemática planteada, al mismo tiempo que se promueve un trabajo colaborativo necesario para llegar a dicha solución.

Si bien el proyecto en sí desata una serie de procesos estadísticos durante su desarrollo, se ha observado que en el caso de las ingenierías, es necesario desarrollar más las *competencias cognitivas de razonamiento*, por lo que como propuesta de los autores del presente trabajo se propone el uso del Diseño de experimentos DoE, con la finalidad de dar una mayor precisión a los posibles prototipos estudiados, así como también enseñar al estudiante como puede volverse competitivo su prototipo para la industria.

El diseño de experimentos al ser una herramienta estadística cumple con las condiciones que autores como: Chris Wild y Maxine Pfannkuch (2004), plantean, sobre el manejo correcto del análisis de datos para la toma de decisiones de diferentes eventos.

Con base en esto puede hablarse del *modelo del pensamiento estadístico* en la investigación empírica, el cual consta de cuatro dimensiones:

*Dimensión 1: Ciclo investigativo.* Esta dimensión está formada por cinco pasos PPACD (Problema, Plan, Datos, Análisis, Conclusiones). Saber resolver un problema que traerá beneficios palpables exige apoyarse de un ciclo investigativo donde después de aplicar el primer paso, que consiste en plantearse el problema, se debe planificar cómo se obtendrán los datos necesarios para resolverlo (segundo paso), inmediatamente se comienza con la recolección de datos así como la depuración de los mismos (tercer paso), luego se prosigue con el cuarto paso, en donde, se lleva a cabo el análisis correspondiente de los datos previamente recolectados y generar hipótesis al respecto, para finalmente dar significado a los resultados, obtener y comunicar las conclusiones respectivas (quinto paso).

*Dimensión 2: Tipos de pensamiento.* En esta sección se habla de los dos tipos de pensamiento involucrados en la aplicación de proyectos: el general, referido a las estrategias, construcción de modelos y aplicación de técnicas necesarias para resolver un determinado problema y, los tipos fundamentales del pensamiento estadístico, clasificándolos en:

Admitir la necesidad de los datos. Reconocer que se necesitan datos para tomar decisiones que no pueden basarse simplemente en vivencias subjetivas.

Transnumeración. Se refiere al número de veces en que los datos sufren cambios con el propósito de su comprensión.

Consideración de la variabilidad. La incertidumbre existente en los datos obtenidos se debe a la variabilidad, la cual debe tenerse en cuenta para poder describirla, explicarla y controlarla, siendo exactamente en esta variabilidad donde debe aplicarse el DoE, de manera que se presente un orden y se puedan ubicar los factores involucrados en el proceso a estudiar. (Wild y Pfannkuch, 1999, citados en Sánchez, 2013).

Integración de la estadística y el contexto. No se puede hablar de pensamiento estadístico sin darle significado a través de un contexto. El pensamiento en sí es la fusión entre el contexto y el aprendizaje estadístico.

*Dimensión 3: Ciclo interrogativo.* Es el proceso que el pensador lleva a cabo durante la resolución del problema planteado. En este ciclo se *generan* ideas como posibles causas del problema nacidas del contexto, luego se *busca* información relevante en los datos, seguida de una *interpretación* de la información obtenida durante la búsqueda para relacionarla con ideas previas y nuevas; después se *critica* el proceso efectuado para confirmar que es correcto y así se puedan *Juzgar* los resultados obtenidos.

*Dimensión 4: Disposiciones.* Se refiere a aspectos cualitativos (mente abierta, compromiso, perseverancia, curiosidad, conciencia, etc.) que repercuten en el proceso del pensamiento estadístico de las personas.

## Metodología de Investigación

El presente trabajo, surge como propuesta de mejora, en la asignatura “Diseño de proyectos de bioenergía” tras que se ha aplicado en cuatro ocasiones en diferentes cuatrimestres, teniendo como finalidad el lograr el desarrollo de la competencia que el programa de estudios marca, a saber: *Desarrollar sistemas de energías renovables mediante el diseño de soluciones innovadoras, administrando el capital humano, recursos materiales y energéticos para mejorar la competitividad de la empresa y contribuir al desarrollo sustentable de la región.*

En dicho programa de estudios se tiene como objetivo de aprendizaje: *El alumno diseñará sistemas de generación de biocombustibles a través de la transformación de la biomasa mediante software especializado para la producción de energías alternas y contribuir al desarrollo sustentable de la región y del mundo.*

Como puede observarse, ambos coinciden en que se hará una contribución al desarrollo sustentable de la región, esto no es solo el resultado de cursar un cuatrimestre de una materia, en este caso la materia se encuentra en el último cuatrimestre de la carrera, por lo que los estudiantes tienen un gran bagaje de conocimientos lo cual debe verse plasmado en el tratamiento que ellos plantean como solución a la problemática presentada en su proyecto.

La continua implementación de la metodología para esta materia ha permitido establecer no solo mejoras en la implementación, si no la determinación de la parte del experimento donde debe hacerse hincapié, y esto debido a que se está formando a ingenieros, personas que, en su desempeño profesional, deberán realizar y por tanto presentar resultados de proyectos, los cuales deben ser innovadores (Sánchez, et al, 2017).

A manera de resumen se mencionarán las mejoras que se han ido proponiendo en cada implementación.

Después de la primera aplicación se concluyó que las variables donde debe hacerse mucho énfasis son: la planeación de la asignatura, el seguimiento al proyecto, el aprendizaje alcanzado por los estudiantes, la retroalimentación oportuna y la evaluación.

En la segunda aplicación se consideró que en las fases de la implementación del aprendizaje basado en proyectos que son inicio, desarrollo y final, es relevante la guía del docente para alcanzar conclusiones efectivas en los tiempos establecidos, siendo el manejo de tiempos una variable a considerar. (Sánchez, et al, 2017).

Para la tercera aplicación al retomar perfil de egreso, objetivo de aprendizaje y competencia a desarrollar de la asignatura en cuestión se plantea desde cada una de las asignaturas que forman la curricula escolar de la universidad “aportar” a ese perfil de egreso, haciendo uso del diseño de experimentos como una herramienta estadística que fortalezca el desarrollo y seguimiento del proyecto hacia el *emprendimiento*.

En este ámbito lo que se propone enfatizar en el estudiante *es el emprendimiento, es decir, ¿cómo puedo hacer que mi proyecto abarque más? ¿Cuáles son las perspectivas? ¿Qué variables deben controlarse? ¿¿Cómo influyen a mi producto las variables que no se han controlado?* (Sánchez, et. al, 2017)

Después de esta última implementación se concluyó que es muy importante “enseñar “al estudiante el manejo de los factores en los prototipos de manera que él sea capaz de reproducirlos.

En este ámbito determinar la reproducibilidad y la replicabilidad es vital para obtener mejores y más precisos resultados.

### Tipo de Investigación

La presente investigación se realiza bajo un enfoque cuantitativo, mediante un proceso deductivo que plantea inicialmente analizar el efecto que provoca en el estudiante las mejoras en la implementación del aprendizaje basado en proyectos utilizando el diseño de experimentos como herramienta de análisis de datos y de esta el seguimiento a la replicabilidad y la reproducibilidad de los prototipos.

Las Fuentes utilizadas para el proyecto se fundamentaron en las siguientes fases:

Resultados de una investigación documentada, realizada a egresados 2016, donde se mencionaba que ningún estudiante había formado una microempresa, por lo que con la finalidad de coadyuvar al emprendimiento, se da inicio a una adecuación en los planes de acción para la materia en cuestión, es importante que en el tiempo que lleva esta investigación se han ido planteando diversos objetivos, los cuales, una vez alcanzados generan una adecuación más, en un inicio solo se establece, la implementación del aprendizaje basado en proyectos en la materia de Diseño de proyectos de bioenergía, con la finalidad de inducir el emprendimiento en los estudiantes. (Sánchez, et al, 2017).

Después de los datos obtenidos se determinaron y ajustaron variables por lo que se propone hacer énfasis en los factores de los prototipos a estudiar remarcando la reproducibilidad y replicabilidad de cada uno, de manera que se tenga la posibilidad de mostrar al estudiante lo que significa la producción en serie.

### Métodos Teóricos

Tomando en cuenta las fases del aprendizaje basado en proyectos que son: *inicial, en desarrollo y final*, se han ido haciendo algunos ajustes en este plan de mejora de dicha metodología.

Motivo de este trabajo es el énfasis en la reproducibilidad y la replicabilidad, lo cual debe ser considerado desde la primera etapa

Como sabemos *la fase inicial* implica la planeación y presentación de la problemática a abordar por parte del docente con la finalidad de dejar en claro, tanto: tópico, proceso a realizar, metas parciales y finales que se deberán acreditar al término.

En esta etapa también se considera la *integración de los equipos*, en la cual se sugiere a los estudiantes unirse considerando cualidades diferentes en estos grupos, por ejemplo, un líder, un buen redactor, alguien que sepa investigar en fuentes confiables, etcétera, características que en conjunto permiten enfrentar y resolver problemas.

Los temas a estudiar en la materia en cuestión a lo largo del cuatrimestre son: Biomasa, biogás y producción de hidrógeno, los cuales son una rica fuente de posibles prototipos donde puede mostrarse al futuro ingeniero, la forma en la que va a trabajar industrialmente y como la producción en serie es un proceso lleno de eficiencia y eficacia.

El proceso anterior también aplica cuando se presentan proyectos a concurso de recursos, recordando que una línea que los estudiantes pueden seguir es su autocontratación y por tanto la generación de su empresa.

En muchos de los casos los proyectos son descalificados al no poder fabricar nuevamente los prototipos, ya que existen variables que cambian su valor continuamente. Es en este tenor en que el Diseño de experimentos nos dá la posibilidad de plantearlos, medirlos y reacondicionarlos.

Los problemas que se plantearon nuevamente a resolver a lo largo del cuatrimestre son:

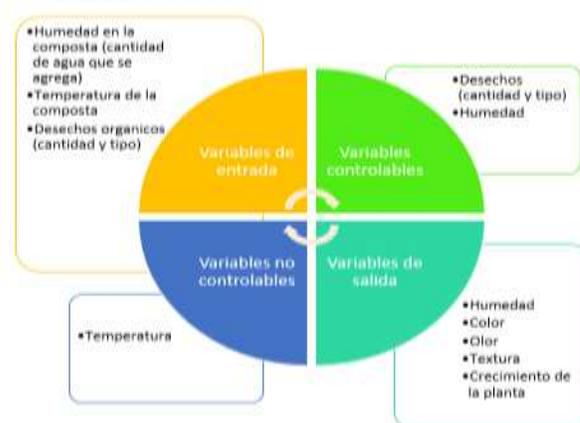
- Mejora en la producción de hidrógeno
- Composta & lombricomposta
- Eficiencia en un biodigestor

Por proyecto cada equipo presentó su diagrama de proceso, el cual es el resultado de la investigación minuciosa del problema a resolver.

Una vez que se detalla la investigación, el estudiante es capaz de determinar los factores que influirán sobre su prototipo.

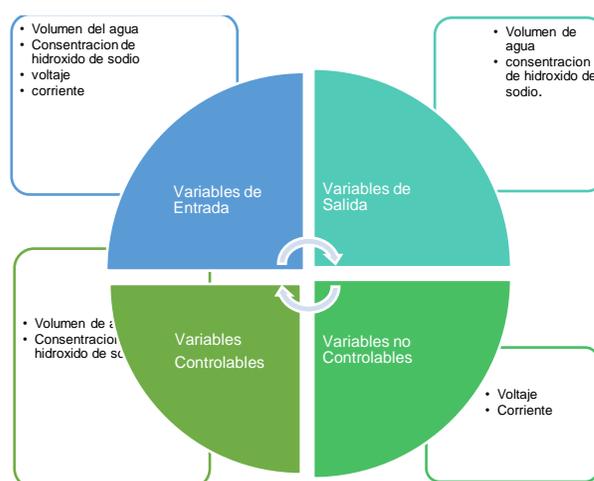
El diseño de experimentos nos plantea en primer lugar la elaboración de diagramas donde se muestren las condiciones necesarias para que el proceso se lleve a cabo.

Los diagramas presentados por los estudiantes se muestran en las figuras 1, 2 y 3.



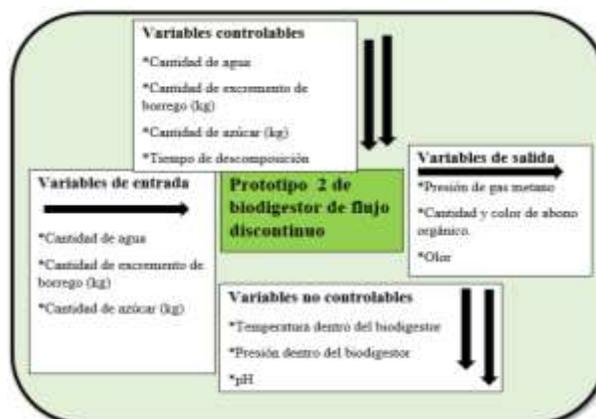
**Figura 1** Diagrama de proceso para la producción de Composta

De la figura 1 se observa que como resultado del procedimiento se “bloquearon”3 variables y se quedaron 5 variables a estudiar.



**Figura 2** Diagrama de proceso para la celda de producción de hidrógeno

De la figura 2 se observa que solo hay dos variables a estudiar en el proceso, lo que hace que a diferencia del proceso de la figura 1, éste sea por tanto más fácil de replicar.



**Figura 3** Diagrama de proceso para el biodigestor

De la figura 3 puede observarse la diferencia de presentación de la información de variables, en un diagrama que al parecer es más ordenado y más sencillo de entender que los anteriores.

Cabe destacar que los diagramas iniciales realizados mostraban a diferencia de estos una gran cantidad de variables de salida, con lo cual el proceso tendría una probabilidad baja de poderse llevar a cabo, muy posiblemente, por ejemplo, la producción de hidrógeno sería deficiente o tal vez ni siquiera se obtendría. De igual manera no se obtendría producción de gas en el biodigestor.

Lo anterior debido a la “necesidad” de llevar a cabo estos procesos bajo condiciones definidas y constantes, esto, aunque lógico, puede pasar desapercibido por los estudiantes.

El uso de estos diagramas *permite visualizar a priori las condiciones favorables para las obtenciones requeridas en cada prototipo.*

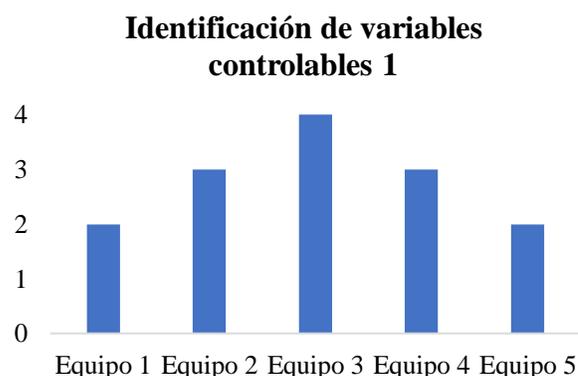
Es en esta parte donde el pensamiento estadístico se inicia con el entendimiento del problema a resolver y después con las mediciones que deben cuidarse, siendo aquí donde la labor del docente es vital ya que debe como dice Sánchez, (2015), *negociar progresivamente el significado* de los elementos presentes en la problemática.

Después de los diagramas de proceso, se solicita a los estudiantes realicen físicamente los prototipos, una vez hecho esto se comienzan a tomar mediciones para determinar el buen o mal funcionamiento de estos y si es el caso realizar las adecuaciones debidas para lograr en primera instancia el “*Bloqueo*” de algunas de las variables de entrada.

Este bloqueo permite que se pueda tomar nota de las cantidades exactas que se requieren para la obtención por ejemplo del hidrógeno o del gas en el biodigestor, o de la composta.

Las mediciones van realizándose aleatoriamente en cuanto a las variables de manera que pueda determinarse cuales son las proporciones exactas.

Los resultados obtenidos por los estudiantes en este proceso se muestran en la gráfica 1

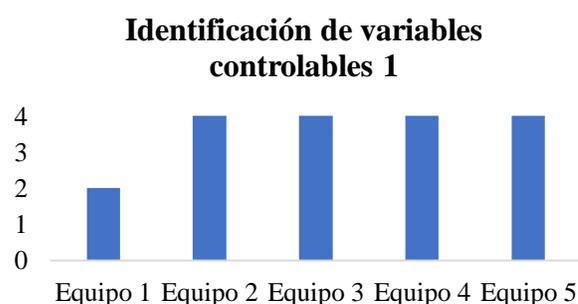


**Gráfico 1** Bloque de variables controlables

En la gráfica 1 se observa la determinación de variables controlables para el primer prototipo realizado, donde solo un equipo logró determinar las 4 variables que deberían ser controladas, en este proceso es importante la participación del docente como guía para mostrar al estudiante cómo pueden llegar más eficientemente a esta determinación.

Bajo estas mismas condiciones se pide a los estudiantes realicen otro prototipo con la finalidad de checar si efectivamente las variables controlables, identificadas fueron las correctas

En la gráfica siguiente se muestra el desempeño de los estudiantes en el tercer prototipo.



**Gráfico 2** Bloqueo de variables controlables 3° prototipo

Como se aprecia solo 1 equipo continuó teniendo problemas para determinar las condiciones bajo las cuales debía realizar su prototipo.

Los principios bajo los cuales se desarrolla el DoE, que son: **Repetición, Aleatoriedad y Bloques**, permiten en su conjunto determinar las características del experimento en cuestión, estableciendo las bases para alcanzar la *certeza, evitar sesgos y dar validez*.

Una vez que las variables fueron identificadas y que los prototipos estuvieron funcionando se realizaron pruebas, donde se llevaron a cabo cambios intencionales en las variables de entrada con la finalidad de hacer recolección *aleatoria* de datos para determinar su eficiencia.

Los principios bajo los cuales se desarrolla el DoE, que son: **Repetición, Aleatoriedad y Bloques**, permiten en su conjunto determinar las características del experimento en cuestión, estableciendo las bases para alcanzar la *certeza, evitar sesgos y dar validez*.

Como puede apreciarse en la tabla las condiciones óptimas permitieron que el prototipo se validara en su funcionamiento

Parte del desarrollo de la implementación de esta metodología está la redacción de un reporte de resultados donde los estudiantes deben plasmar el resultado de la investigación de las instancias a las que deben acercarse con la finalidad de que su proyecto pueda ser financiado.

Una vez que los equipos lograron la reproducibilidad del prototipo, para el estudiante empieza a ser claro el alcance de su proyecto, o cual puede permitir que establezcan la creación de una microempresa.

Variables	Cajero 1 (Plástico)						Cajero 2 (Aluminio)					
	Sep		Oct		Nov		Sep		Oct		Nov	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Humedad (%)	35	40	40	40	50	45	50	50	50	50	50	50
Temperatura (°C)	37	40	40	40	41.5	41.5	50	60	50	50	50	50
pH	6.5	6.01	7.5	6.8	6.7	6.7	NA	NA	NA	NA	NA	NA
material prima	leche de café, levadura, vanillina y azúcar de hojuelas						15 cm (4 litros, abono, 4 cantidad de leche, 4 abonos orgánicos)					
color	[Color]						[Color]					
odor	[odor]	[odor]	[odor]	[odor]	[odor]	[odor]	[odor]	[odor]	[odor]	[odor]	[odor]	[odor]

Tabla 1 Replicabilidad

La tabla 1 nos muestra el proceso de replicabilidad en las unidades experimentales, donde puede observarse que una vez que se determinaron las condiciones óptimas (bloqueo de variables), del proceso fue posible mejorar la producción.

Cabe mencionar que en la implementación de la metodología en el anterior cuatrimestre, se perdió mucho tiempo en la determinación de las condiciones óptimas, esto debido al “desorden” del proceso, lo cual se corrigió con la utilización del DoE.

Una vez que se tienen las condiciones óptimas del funcionamiento, se solicitó a los estudiantes se hiciera un segundo prototipo, de manera que se cumpliera con la reproducibilidad que consiste que bajo las mismas condiciones se obtengan los mismos resultados.

**Resultados**

Como sabemos el Diseño de Experimentos, se emplea para identificar las condiciones del proceso y los componentes del producto que afectan la calidad, para luego determinar la configuración de factores que optimiza los resultados. (Sánchez, 2017)

*El aprendizaje basado en proyectos implementado en las ingenierías es una oportunidad para detectar las deficiencias y necesidades del estudiante en la aplicación real de sus conocimientos. (Sánchez, 2017)*

En el desarrollo de proyectos es necesario que el estudiante tenga el conocimiento del impacto de su propuesta, con la finalidad de que el adquiera seguridad tanto en sus investigaciones como en las implementaciones.

**Conclusiones**

Como resultado de la utilización del Diseño de experimentos en la elaboración de prototipos didácticos, bajo la metodología del aprendizaje basado en proyectos se obtuvo:

- a. *Prototipos más eficientes en comparación con los realizados en cuatrimestres anteriores donde no se aplicó el DoE*
- b. *Con el uso de los diagramas de proceso utilizados correctamente el estudiante es más consciente de lo que está haciendo.*

- c. *Optimización de recursos al evitar desperdicio de materiales, lo cual se logró gracias a una mejor planeación del proceso.*
- d. *Orden en la elaboración de proyectos*
- e. *El estudiante aprendió a realizar una producción en serie, bajo condiciones definidas*
- f. *Conocimiento de las instancias que apoyan el desarrollo de proyectos de energías renovables a nivel estatal y nacional.*

Como perspectiva a esta implementación se propone realizar una revisión al currículum oculto de otras asignaturas donde pueda realizarse también la aplicación del aprendizaje basado en proyectos junto con el Diseño de Experimentos.

#### Referencias

Bolívar Cris. (2003) Formación y desarrollo de competencias laborales. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/formación-desarrollo-competencias-laborales/>

Fernández March Amparo. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio sigloXXI*, 24, 35-56.

Ferreiro R. “Estrategias didácticas del aprendizaje cooperativo”. México. Ed. Trillas. (2007).

Ferreira Martínez María Fabiana. (2011). “Implementación y evaluación de un modelo didáctico, basado en enfoques constructivistas, para la enseñanza de Estadística en el nivel superior”. 3 de abril de 2016, de Universidad autónoma de baja california Sitio web: <http://ide.ens.uabc.mx/blogs/mce/files/2011/03/TesisMaestria-MFFerreira.pdf>

García C. J., Sánchez Q. C., Jiménez V., Gutiérrez T. M., (10 de octubre 2012). *Estilos de Aprendizaje y Estrategias de Aprendizaje: un estudio en discentes de postgrado. Estilos de aprendizaje*, 10, 17.

Sánchez L. Guillermina, Zacarías F. José, 2017, *Mejoras en la implementación del aprendizaje basado en proyectos (abp) Revista de Negocios & PyMES, in Volume 3 Number 8, with ISSN: 2444-5010, at pages 42-52 segment.*

Sánchez L. Guillermina, Zacarías F. José, 2015, *Enseñanza de la estadística con la integración de 2 ideas didácticas: aprendizaje basado en proyectos (abp) y actividades reveladoras del pensamiento (mea). Una experiencia a nivel superior”* memorias del Congreso Internacional de Didáctica de la Matemática, International Mathematics Education Conference. Santa Marta Colombia

Ugarte, C. y Naval, C. (2010). Desarrollo de competencias profesionales en la educación superior. Un caso docente concreto. *Revista Electrónica de Investigación Educativa [Número Especial]*. Consultado el día de mes de año, en: <http://redie.uabc.mx/contenido/NumEsp2/contenido-ugarte.html>