

1-1-2016

Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de diseño y análisis de experimentos

María Alejandra Reina Neira
Universidad de La Salle, Bogotá

Laura Andrea Gómez de la Hoz
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial

Citación recomendada

Reina Neira, M. A., & Gómez de la Hoz, L. A. (2016). Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de diseño y análisis de experimentos. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/86

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Industrial by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Aprendizaje Basado en Problemas para la Enseñanza de Diseño y Análisis de Experimentos

Problem-based Learning for Teaching of Design and Analysis of Experiments

DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.12.2.2016.09>

Artículo de Investigación Científica - Fecha de Recepción: 27 de Septiembre de 2016, Fecha de Aceptación: 21 de Noviembre de 2016,

María Alejandra Reina Neira

Universidad de la Salle. Bogotá (Colombia)
mreina76@unisalle.edu.co

Laura Andrea Gómez de la Hoz

Universidad de la Salle. Bogotá (Colombia)
lgomez53@unisalle.edu.co

Heriberto Alexander Felizzola Jiménez

Universidad de la Salle. Bogotá (Colombia)
healfelizzola@unisalle.edu.co

Andres Mauricio Hualpa Zuñiga

Universidad de la Salle. Bogotá (Colombia)
amhualpa@unisalle.edu.co

Cómo citar este artículo:

M. Reina Neira, L. Gómez de la Hoz, H. Felizzola Jiménez y A. Hualpa Zuñiga, "Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de diseño y análisis de experimentos", *INGE CUC*, vol. 12, No. 2, pp.86-96, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.12.2.2016.09>

Resumen– Existen diversas propuestas didácticas para el desarrollo del proceso de aprendizaje, cada una de ellas responde a las necesidades educativas y a los diferentes estilos de enseñanza existentes en un aula de clase. En este artículo se explora el uso del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el área de Diseño de experimentos, partiendo de los principios del modelo e implementación de su metodología; la cual está compuesta por la ejecución de 7 pasos: clarificación de conceptos, definición del problema, análisis del problema (lluvia de ideas), clasificación sistemática, formulación de objetivos de aprendizaje, investigación y estudio individual, y discusión e informe. Finalmente se realiza una práctica con los estudiantes de la asignatura de Diseño de Experimentos de la Universidad de la Salle, donde se evidencia que los objetivos de aprendizaje con mayor porcentaje de aprobación son la construcción y desarrollo del ANOVA y la aplicación de métodos comparativos (pruebas LSD y TUKEY) con un porcentaje de 93.8 y 89.2 % respectivamente; caso contrario, se obtienen debilidades en objetivos de aprendizaje tales como el planteamiento del enfoque sistémico y la ejecución de bloqueo de los factores cuantificados en un 20 % para cada uno.

Palabras clave– Problemas, didácticas de aprendizaje, aprendizaje basado en problemas, diseño de experimentos, diseño completamente aleatorizado, educación.

Abstract– There are several didactic proposals for the development of the learning process, each one answer to educational needs and different styles of teaching existing in a classroom. This article explores the use of Based Problem Learning (BPL) in the Design of Experiments area, starting from the principles of the model and implementation of its methodology, that involves the execution of 7 phases: concepts clarification, problem definition, analysis of the problem (brainstorming), systematic classification, formulation of learning objectives, research and individual study, and discussion and report. Finally, a practice was carried out with the students of the Design of Experiments course at University of La Salle, where it was evidenced that the learning objectives with the highest percentage of approval are the construction and development of ANOVA and the application of comparative methods (LSD and TUKEY) with a percentage of 93.8 % and 89.2 % respectively. On the other hand, weaknesses were obtained in learning objectives such as the systemic approach and the execution of blocking factors quantified by 20 % for each.

Keywords– Problems, educational learning, problem-based learning, design of experiments, completely randomized design, education.

I. INTRODUCCIÓN

Según Willard y Duffrin (2003), el ABP mejora la satisfacción del aprendizaje, convirtiéndose en un medio para enfrentar a los estudiantes en situaciones relacionadas directamente con el futuro laboral. El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es un método que utiliza los problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos [1]. Una de las filosofías destacadas en la escuela progresista documentada por John Dewey es “learning by doing”; en la cual se aprende haciendo y no memorizando, ni recitando. Esta experiencia es la fuente, la meta y el criterio de toda actividad cognoscitiva [2].

Esto convierte al ABP en un medio para mejorar la calidad del aprendizaje universitario a nivel de competencias específicas y transversales, con el cual se desarrolla la capacidad de resolución de problemas, la toma de decisiones, el trabajo en equipo y habilidades comunicativas [3]. Como lo afirma Meneses y Ordosgoitia (2009), el estudiante a través de sus aportes y sus experiencias diarias de interacción con la tecnología es una gran fuente de ideas para la construcción, rediseño y optimización de las prácticas académicas, lo cual permite al ABP ser dinamizador de la enseñanza en diferentes asignaturas y convirtiendo al estudiante en parte activa del proceso [4].

La implementación de un modelo ABP comprende ciertas dificultades, como la resistencia al cambio del método de aprendizaje, la responsabilidad que deben asumir los involucrados y una modificación curricular en la que se permita abordar las distintas perspectivas y disciplinas; así mismo, el ABP implica un mayor aporte por parte de los docentes, dado que se requiere tiempo para preparar los problemas, atender a los estudiantes en asesorías y brindar retroalimentación. Además de incurrir en los costos asociados a capacitaciones [5], [6], [7].

El ABP convierte al docente en tutor de un grupo pequeño de estudiantes encargados de resolver un problema específico relacionado con la disciplina de estudio; formando al estudiante como pilar de la metodología, aprendiendo tanto del trabajo en equipo como del estudio individual. Es un método que promueve el aprendizaje íntegro, reuniendo el “qué”, el “cómo” y el “para qué” se aprende, mediante un ciclo conformado por presentación de un problema, identificación de las necesidades de aprendizaje, investigación de la información relacionada y por último la solución del problema e identificación de nuevos problemas, lo cual lo convierte en un ciclo repetitivo [4].

Este trabajo desarrolla la aplicación del ABP en una práctica de Diseño de Experimentos en

el programa de Ingeniería Industrial. Esto se logra mediante el planteamiento de un caso en el que se aborda el tema de Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), cuyo propósito es que los estudiantes generen soluciones a partir de diferentes problemáticas de un proceso productivo, como selección del personal, productividad del sistema, diseño de un método de embalaje para el producto terminado, tasa de producción del sistema y distribución del área de trabajo, entre otros.

La contribución de este artículo corresponde al diseño de una estrategia para la enseñanza del diseño de experimental con el fin de afianzar conceptos de muestreo, diseño experimentos, mejora de procesos, estadística y probabilidad. Enfrentando al estudiante a la toma de decisiones necesarias en un problema cercano al ámbito profesional fundamentadas en resultados estadísticos.

En la primera parte del artículo se realiza una revisión bibliográfica de la implementación del ABP en el aprendizaje activo (metodología, enfoque y resultados), dando prioridad a aplicaciones con problemas vinculados en áreas de ingeniería. La segunda parte expone los conceptos básicos y metodología del ABP; por último se presentan los resultados obtenidos al aplicar dicha metodología en una empresa fabricante de muebles.

II. REVISIÓN LITERARIA

Al contextualizar los elementos conceptuales y metodológicos del ABP, así como parámetros contenidos en el desarrollo del estado del arte, se busca evidenciar tanto la implementación como su impacto. Gran parte de la implementación de esta metodología radica en las ciencias de la salud, sin embargo, esta revisión está basada exclusivamente en implementaciones aplicadas al ámbito de Ingeniería (Manufactura Flexible, Ingeniería de Métodos, entre otros); las fuentes bibliográficas corresponden a 2013 y 2014 (ver tabla 1).

Es importante aclarar que la metodología del ABP inició en la escuela de Medicina de la Universidad de McMaster (Canadá), utilizada como una metodología para el aprendizaje significativo. Este modelo está diseñado para grupos de 6 a 12 estudiantes; debido a esto nacieron diferentes variantes del modelo original con el fin de aplicar sus postulados en grupos más numerosos como en la Universidad de Maastricht (Holanda) para grupos entre 20 y 35 estudiantes; el modelo Hong Kong para grupos entre 50 y 70 estudiantes; o el modelo Alcalá de Henares para grupos de 60 estudiantes o más, denominado modelo 4x4 porque trabaja en cuatro contextos (individual, grupo sin tutor, grupo con tutor y clase completa) y organizado en cuatro fases: análisis, investigación, resolución y evaluación (AIRE) [8].

TABLA 1. APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN LA INGENIERÍA

Autor	Enfoque	Modelo	Significativo en el aprendizaje		Variables
			Sí	No	
Hernández & Salinas [9]	TIC	Modelo 4x4	X		Grado de Escolaridad (técnico profesional, licenciatura, maestría), Género.
Bernal, Aguirre, Arenas, García, Zapata, Muñoz y Caro [10]	Manufactura Flexible	Constructivista C3	X		Nota, programa de ingeniería al que pertenece
Krishnan [11]	Programa de Ingeniería eléctrica	ABP	X		Conocimiento de la lengua, situación socioeconómica, escuela anterior, experiencia laboral, tipo de inscripción en el curso (completo parcial).
Salazar [12]	Ingeniería de Métodos	ABP		X	Sexo, edad, nota.
Carmona, Conesa y Ros [13]	Análisis contable	Journal of PBL 1	X		Sexo, programa de ingeniería al que pertenece, nota.
Álvarez, Valera, Pérez y Álvarez [14]	Álgebra y Cálculo diferencial.	Modelo 4x4	X		Programa de ingeniería al que pertenece, nota.

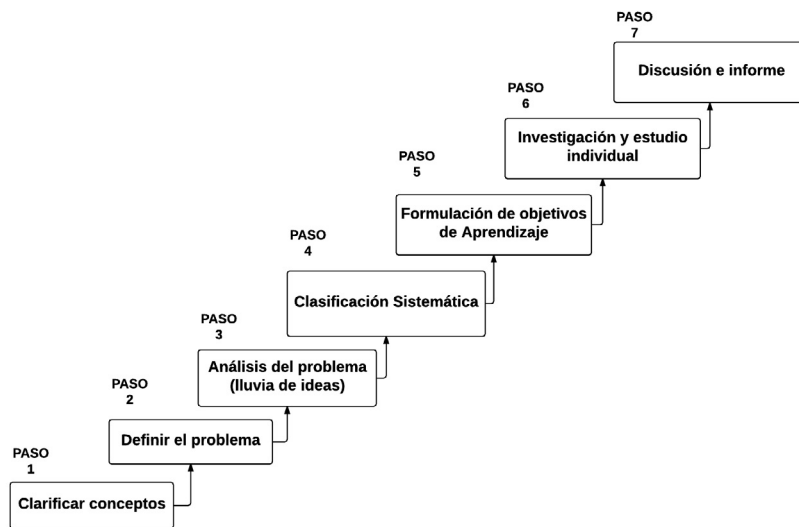


Fig. 1. Metodología del ABP
Fuente: Adaptado PBL Study Skills de la Universidad de Maastricht [18].

III. METODOLOGÍA

La Universidad de Maastricht, en los Países Bajos, a partir de 1974 concentra sus esfuerzos en una nueva técnica de aprendizaje [15]. Esta metodología incluye ciertos procesos cognitivos, a partir del problema se analiza un contexto de aprendizaje que permite realizar una discusión previa en grupo relacionando los conocimientos adquiridos anteriormente y desarrollando una estructura inicial para así abordarlo. En este nivel el estudiante de forma autónoma realizará un estudio independiente e individual, lo cual permite la adquisición de nuevos conocimientos que serán llevados a una discusión final en grupo que permite realizar la integración y aplicación de los

conocimientos al problema que se pretende abordar [16].

Para la aplicación de esta metodología se realiza una adaptación del modelo propuesto por la Universidad de Maastricht; este modelo ABP nace bajo la necesidad de aplicarlo a grupos entre 20 y 35 estudiantes, además de la integración de diversas disciplinas a partir de la experiencia.

El modelo plantea que el conocimiento por sí solo no es suficiente y el estudiante debe ser capaz de trabajar de forma independiente, ser asertivo y resolver problemas [17], lo cual se logra desarrollando 7 pasos identificados en la fig. 1; adicionalmente la tabla 2 describe cada uno de los pasos contemplados dentro de la metodología del ABP.

TABLA 2. METODOLOGÍA DEL ABP

Paso		Descripción
Paso 1	Clarificar Conceptos	Los conceptos que serán utilizados en las diferentes actividades deben ser aclarados desde el inicio de la práctica; con el fin de disipar posibles términos sobre el contexto del problema que resulten difíciles (técnicos) o vagos, lo cual permite a los participantes partir de un mismo punto en común.
Paso 2	Definir el problema	El diseño del problema corresponde a la esencia de las actividades. Este se determina con el fin de establecer los límites del tema, se proponen diversas definiciones para realizar un análisis de las mismas y proceder finalmente a formular claramente el problema.
Paso 3	Análisis del Problema (Lluvia de Ideas)	Una lluvia de ideas ayudará al grupo a establecer el conocimiento ya adquirido; al utilizar esta técnica el grupo genera hipótesis posibles para el problema; esto les permite dar información adicional sobre las alternativas acerca de aspectos relevantes. En el análisis del problema se considera necesario enlistar los conceptos asociados al problema, además del contexto en que se desarrolla, lo cual facilita una justificación inicial del mismo.
Paso 4	Clasificación Sistemática	A partir de la lluvia de ideas se propone a los estudiantes realizar un diagrama que permita evidenciar los vínculos de cada uno de los conceptos.
Paso 5	Formulación de Objetivos de Aprendizaje	La formulación de los objetivos de aprendizaje se realiza sobre el conocimiento faltante o no suficientemente claro. Estos deben cumplir con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • Estar vinculados con el análisis del problema. • Escritos en forma clara y con términos concretos.
Paso 6	Investigación y Estudio Individual	La ejecución de este paso comprende cuatro partes: <ul style="list-style-type: none"> • Programación: encontrar un equilibrio en el tiempo de estudio y el tiempo libre para lograr un uso eficaz y eficiente del tiempo disponible. • Selección de Fuentes de Información: seleccionar fuentes de información pertinentes y apropiadas en términos de calidad y cantidad con suficiente profundidad. • Estudio de la Fuentes de Información: encontrar nueva información útil que permita ser aplicada al problema planteado, además de estar relacionada con los objetivos de aprendizaje. • Preparación del Informe: ejecutar una mirada crítica del proceso realizado con el fin de establecer vínculos entre la discusión, los objetivos de aprendizaje y los conocimientos adquiridos durante la solución del problema.
Paso 7	Discusión e Informe	En la discusión con los compañeros de estudio se identifica el uso del nuevo conocimiento adquirido y puesto en práctica en el problema, evaluando en la presentación si este fue entendido con claridad y con profundidad suficiente; se extraen las conclusiones finales y pertinentes para el problema.

Fuente: Adaptado PBL Study Skills de la Universidad de Maastricht [18].

IV. RESULTADOS

De acuerdo con la aplicación que se ha desarrollado en el programa de Ingeniería Industrial con 78 estudiantes divididos en 13 grupos, quienes cursan la asignatura de Diseño de Experimentos de la Universidad de La Salle. A continuación se detalla la adaptación de la metodología ABP ejecutada:

A. Paso 1. Clarificar Conceptos

El paso de clarificar conceptos se desarrolla mediante una sesión de clase magistral dirigida por el docente, el cual aborda cada uno de los componentes establecidos en el Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) como:

- Análisis de Varianza (ANOVA).
- Comparaciones (Método LSD o Tukey)
- Verificación de supuestos (Normalidad, Homocedasticidad e Independencia).
- Modelo Estadístico Lineal.
- Planteamiento de Hipótesis.

B. Paso 2. Definir el problema

Este paso fue desarrollado teniendo en cuenta las cinco fases establecidas en el diseño del problema de la metodología ABP:

Fase 1. Identificar y centrar la situación o escenario que tendrá relación con los objetivos de aprendizaje.

Esta fase contempla la definición y reconocimiento del sistema. De este modo se establece la compañía SINAA Ltda., la cual se dedica a la fabricación de comedores. Su línea de producción cuenta con cinco estaciones de proceso.

- Estación A: Trazo y Corte
- Estación B: Ensamble de Sillas
- Estación C: Ensamble de Mesas
- Estación D: Accesorios
- Estación E: Picking and Packing

El proceso de producción inicia con la estación de trazo y corte, en donde el operario asignado se encarga de trazar y cortar sobre el material las dimensiones de las piezas que conformarán el comedor (mesa y sillas). Una vez cortado el material es enviado por una banda transportadora que abastece a las estaciones de ensamble de sillas y ensamble de mesas. Posteriormente el producto es enviado a la estación de accesorios, donde se coloca la cojinería y procede a la estación de picking and packing, en la cual el operario encargado tiene un método de empaque definido. Una vez empacado este pasa por la máquina rubber stamp (sello automático), que imprime el logo de la empresa y finalmente es trasladado a la bodega.

Fase 2. Determinar la extensión del ámbito disciplinar

El escenario que rodea actualmente las industrias es el uso de experimentos dentro de su entorno como medio para generar propuestas de mejora de productos, servicios y procesos con estándares de calidad cada vez más altos.

Por lo tanto, el Diseño de Experimentos se presenta como una herramienta efectiva para entender y optimizar los procesos y productos en la industria. De esta forma SINAA propone como enfoque disciplinar el Diseño Completamente Aleatorizado para el desarrollo de la problemática que le permitirá al estudiante obtener distintas competencias mediante el desarrollo de un conjunto de pruebas en las cuales se realizan distintos cambios a los parámetros de control de un proceso o sistema con el objetivo de identificar causas de alteración en la variable de respuesta.

Fase 3. Descripción del problema

El desarrollo del problema tiene en cuenta el escenario planteado en la empresa SINAA Ltda., además del enfoque de aprendizaje que se quiere enseñar. Este caso busca un escenario que permita al estudiante desarrollar un experimento completamente aleatorizado, capacitándolo en la identificación clara de los elementos que lo componen, planteando la hipótesis y el método ade-

cuado para cada uno de los problemas, mediante un análisis estadístico que permita efectuar una interpretación adecuada de los resultados obtenidos y la toma de decisiones. Basado en lo anterior se presentan los experimentos propuestos por los autores en la tabla 3.

Fase 4. Determinar la disponibilidad de recursos

En el desarrollo del escenario apropiado para la empresa SINAA Ltda. se utilizaron modelos de construcción para recrear la planta. Dentro de los modelos se pueden encontrar dos bandas transportadoras; componente esencial de la empresa para movilizar todas las piezas a los puestos de trabajo, una máquina clasificadora por color para la zona de almacenaje y una máquina rubber stamp (sello automático) que se encarga de colocar el sello de la empresa en cada uno de los productos terminados.

Dentro de cada una de las estaciones de trabajo se encuentran las herramientas necesarias para desarrollar las distintas operaciones, como: tijeras, regla y lápiz en la estación de Trazo y Corte, y en Accesorios. En las demás estaciones se pueden encontrar pistolas de silicona, cinta, tijeras.

Otro de los apoyos es el acompañamiento de los supervisores de la actividad encargados de disponer el material, guiar el experimento y brindar las capacitaciones necesarias.

TABLA 3. DEFINICIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Experimento	N°1	N°2
Descripción	<p>La empresa SINAA Ltda. actualmente se encuentra en proceso de selección para la estación de Trazo y Corte. Por lo tanto, el equipo consultor debe garantizar la selección y asignación adecuada del operario que presente mejor desempeño para dicho proceso; con el fin de mejorar los indicadores de desempeño que actualmente posee la compañía:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Productividad: 24 comedores/hora • % de piezas defectuosas: 3 %. <p>La decisión final de la empresa estará sujeta al mejor método de distribución de los operarios que permita maximizar la cantidad de unidades efectivas al final del tiempo estipulado de producción.</p>	<p>Actualmente los clientes de la empresa SINAA Ltda. vienen presentando quejas respecto al tiempo de entrega incumplido por la empresa en un 12%. Debido a este problema, el jefe de Producción asegura que esta problemática se debe al método de embalaje empleado en la estación de Picking and Packing. Por lo tanto, el motivo de esta licitación es realizar dos nuevos métodos de empaque, con el cual se logre aumentar la productividad actual del proceso (productividad actual: 24 comedores/hora), o demostrar al jefe de Producción estadísticamente que en el método empleado es viable para su línea de producción.</p>
Requerimientos	<p>Para el desarrollo íntegro del experimento, el equipo consultor debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada equipo consultor debe estar conformado por 6 personas (5 operario fijos y 1 operario polivalente). • Diseñar un experimento completamente aleatorizado, con el de fin validar la propuesta. • Seleccionar el operario, a través un análisis consistente de los datos y utilizar métodos estadísticos pertinentes. • La asignación de los operarios restantes será de manera indiferente. 	<p>Para el desarrollo íntegro del experimento, el equipo consultor debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer los diferentes métodos de Picking y Packing para el producto terminado. • Diseñar un experimento completamente aleatorizado, que permita soportar la toma de decisiones y el análisis estadístico.

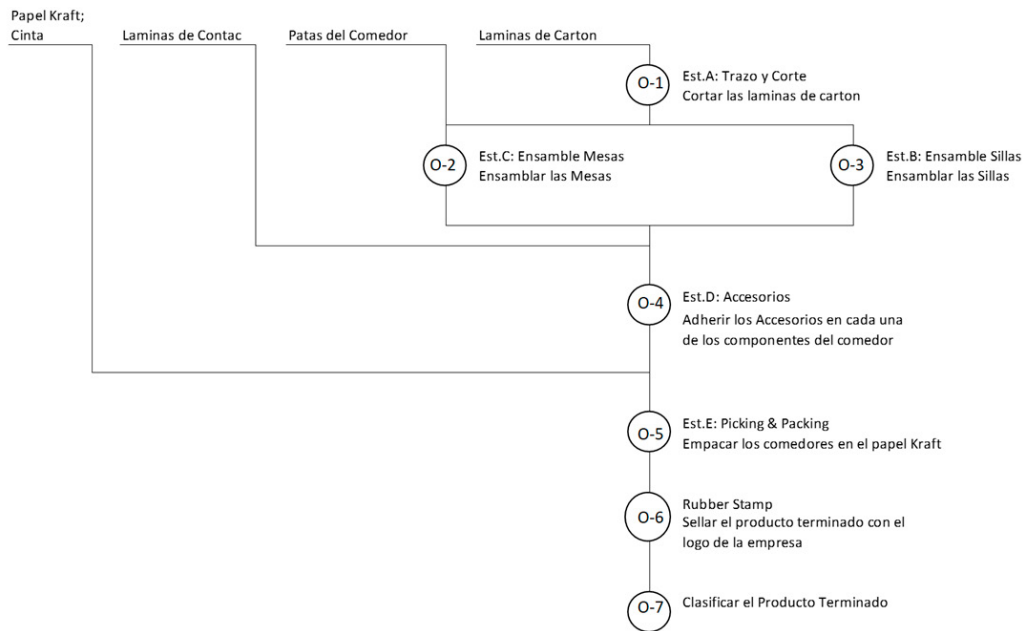


Fig. 2. Diagrama de operaciones SINAA Ltda.

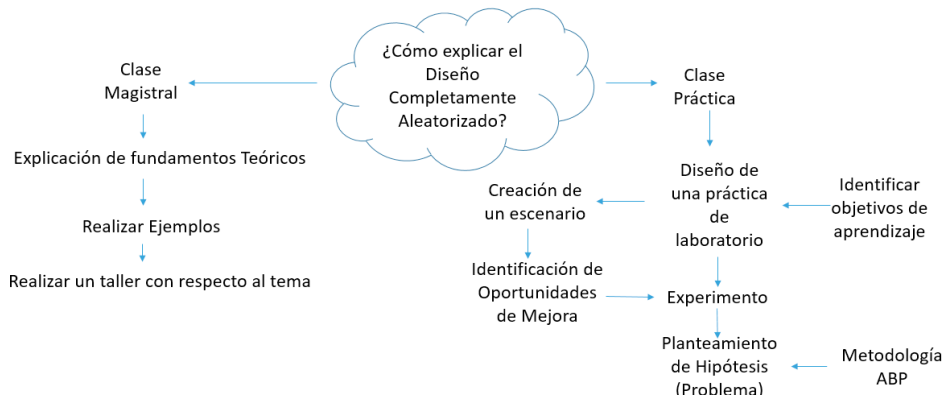


Fig. 3. Lluvia de ideas.

Fase 5. Redactar el resto de documentos complementarios

La fig. 2 representa el diagrama de operaciones de la compañía SINAA Ltda.

C. Paso 3. Análisis del problema (Lluvia de ideas)

El equipo de estudio basado en la información planteada de la empresa y el problema que se desea abordar realiza una lluvia de ideas (ver fig. 3) para determinar todos los aspectos relevantes, conceptos utilizados en el proceso, términos claves y consideraciones que se deben tener en cuenta durante el desarrollo.

D. Paso 4. Clasificación sistemática

La fig. 4 muestra el vínculo de los elementos propuestos y desarrollados para el diseño de la guía metodológica basada en problemas de la empresa SINAA Ltda. como estrategia de aprendizaje activo para los estudiantes de Ingeniería Industrial.

E. Paso 5. Formulación de objetivos de aprendizaje

Una vez realizado el paso de identificación de los conceptos asociados con la metodología DCA, es necesario establecer los objetivos de aprendizaje a los cuales se asigna un número respectivo de com-

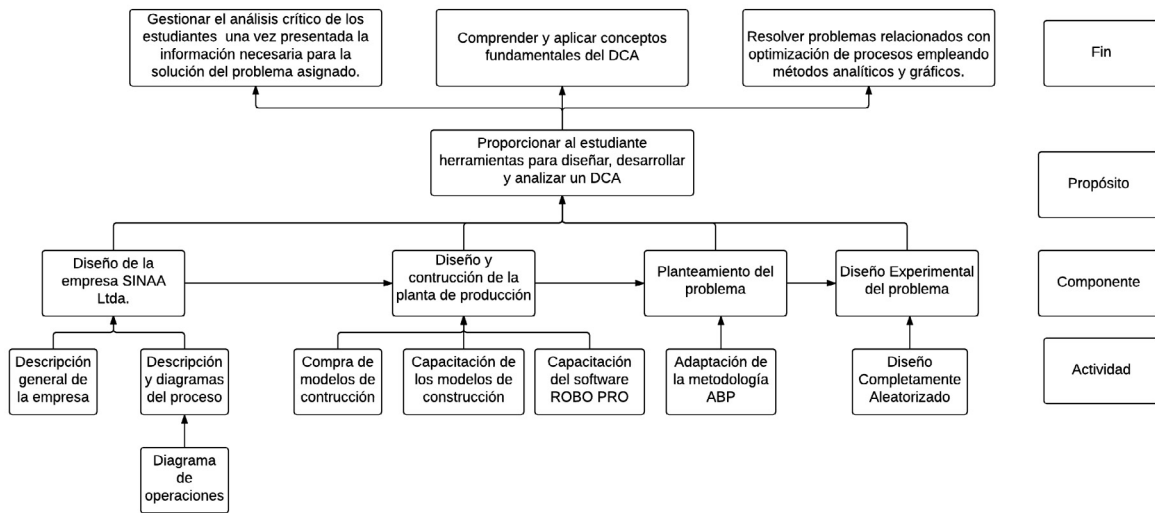


Fig. 4. Estructura analítica del proyecto.

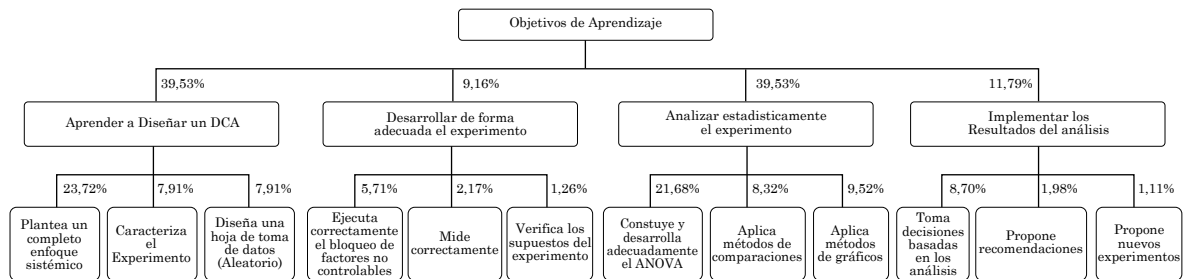


Fig. 5. Objetivos de aprendizaje – AHP.

petencias. En este punto es de vital importancia realizar un proceso de descomposición de estructuras, mediante una jerarquización de cada uno de los objetivos de aprendizaje junto con las competencias relacionadas. Por lo tanto, se emplea el Método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (ver fig. 5) con el fin de establecer prioridades, agregar consistencia al proceso de evaluación y generar asignación de ponderaciones a cada competencia bajo un sustento matemático.

La jerarquización de cada uno de los objetivos es realizada mediante la metodología AHP definida por el comité que desarrolla la guía metodológica. En el anexo 1 se registran las tablas correspondientes a las comparaciones y la consistencia de la evaluación efectuada.

F. Paso 6. Investigación y estudio individual

En esta fase de la metodología se definen los términos relevantes de todo el proceso para el desarrollo del experimento completamente aleatorizado.

Diseño Completamente Aleatorizado

Un experimento es el cambio de condiciones de operación de un sistema o proceso, que se realiza con el objetivo de medir el efecto del cambio en una o varias propiedades o resultado; este diseño experimental es el más simple de todos los diseños experimentales utilizado cuando el objetivo es comparar más de dos tratamientos, dado que solo consideran dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio. Este diseño se llama “completamente al azar” porque todas las corridas experimentales se realizan en orden aleatorio completo. De esta manera, si durante el estudio se hacen en total N pruebas, estas se corren al azar, de manera que los posibles efectos ambientales y temporales se vayan repartiendo equitativamente entre los tratamientos [17]

Para ello se define dentro del proceso experimental diferentes variables y factores con el fin de conocer el efecto o los resultados de cada prueba experimental (ver fig. 6).

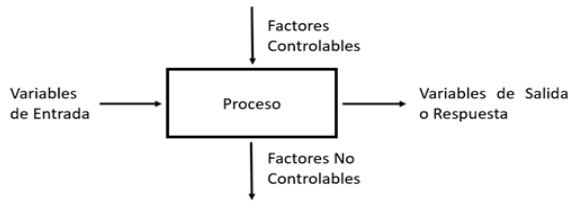


Fig. 6. Variables y Factores del proceso experimental

G. Paso 7. *Discusión e informe*

Finalmente este paso es seccionado en dos partes: la primera de ellas (Discusión) presenta un análisis de los resultados obtenidos y los puntos de mejora una vez ejecutada la guía con los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial; la segunda parte (Informe) establece los requisitos mínimos propuestos para ser entregados por parte de los estudiantes en el informe de sustentación una vez realizado y ejecutado el problema que documenta la compañía.

Discusión

Una vez ejecutada y evaluada la guía expuesta a 13 grupos de estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, se obtiene que solo el 77 % de los grupos aprueban los objetivos de aprendizaje del Diseño Completamente Aleatorizado anteriormente definidos (ver tabla 4). Adicional a esto es importante resaltar que las competencias críticas que se evidenciaron durante el proceso de evaluación son el bloqueo de factores, planteamiento del enfoque sistemático, verificación de los supuestos y planteamiento de nuevos experimentos. Por lo cual se realiza una especificación más detallada de cada uno de los requerimientos que debe contener el informe, con el fin de garantizar que el estudiante documente el cumplimiento de todos los objetivos de aprendizaje.

TABLA 4. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN

Objetivos de Aprendizaje	Cantidad de Grupos	%
Aprobado	10	77%
No Aprobado	3	23%

La tabla 5 evidencia que los objetivos con mayor porcentaje de aprobación corresponden al diseño de un formato para la aleatorización de las corridas con un cumplimiento del 100 %; en segundo lugar, la construcción y desarrollo del ANOVA, además de la aplicación de métodos comparativos (pruebas LSD y TUKEY) con un porcentaje de 93.8 y 89.2 %, respectivamente; caso contrario se obtienen debilidades en objetivos de aprendizaje, tales como el planteamiento del enfoque sistémico y la ejecución de bloqueo de los factores cuantificados en un 20 % para cada uno.

Informe

El siguiente listado son los requerimientos que debe contener el informe de entrega, los cuales están mutuamente relacionados con los objetivos de aprendizaje y competencias.

Formato: Artículo IEEE

Contenido

- Enfoque sistémico: entradas, salidas, variables controlables, variables no controlables.
- Caracterización del experimento: plantear las respectivas Hipótesis, representar los diferentes tratamientos.
- Diseñar y anexas al informe una hoja de datos (aleatoria).
- Ejecutar bloqueo: Plantear y resaltar el bloqueo de las variables no controlables.
- Verificar los supuestos del experimento (métodos analíticos):
 - Normalidad: Shapiro-Wilks, Anderson-Darling ó Kolmogorov Smirnov
 - Homocedasticidad: Prueba de Bartlett o Prueba de Levene.
- Verificar los supuestos del experimento (métodos gráfico)
 - Normalidad: gráfica de probabilidad normal o gráfica de residuales
 - Homocedasticidad: Residuales vs. Valores Ajustados o Residuales vs. Tratamientos
 - Independencia: gráfica de corridas (Orden del Experimento vs. Residuales) o una prueba de corridas cuando se tiene un tamaño considerable en el experimento (N>30)
- Construir y desarrollar el ANOVA
- Aplicar método de comparación en caso apropiado (LSD y TUKEY)
- Sustentar decisiones basadas en el análisis estadístico. Proponer puntos de mejora con respecto a las problemáticas documentadas por la compañía SINAA Ltda.
- Proponer nuevos experimentos.

V. CONCLUSIONES

De la experiencia presentada en el área de discusión se puede concluir que el 77 % de los grupos quienes ejecutan la guía metodológica logran adquirir una serie de competencias básicas y necesarias para el desarrollo de la profesión desde el ámbito de diseño de experimentos. Por lo tanto, la presente guía permite que el conocimiento no se convierta en un proceso de transferencia entre el docente y los estudiantes sino desarrollar en los estudiantes habilidades y destrezas relacionados con la aplicación del Diseño Completamente Aleatorizado; lo cual permite generar un papel activo de los participantes en su propio aprendizaje a través de un trabajo autónomo y cercano a las condiciones y/o problemáticas del entorno de la profesión de Ingeniería Industrial.

Por el argumento anteriormente expuesto se puede considerar que el ABP constituye una alternativa para generar un nuevo punto de partida para la adquisición de conocimientos, debido a que este método convierte al estudiante en un sujeto activo de su propia educación.

Tanto la metodología como el problema abordado se puede replicar en otros temas relacionados con el diseño experimental, tales como diseño factorial 2K, diseño con bloques e incluso diseño fraccional, para lo cual se tendrían que incluir nuevos factores dentro del experimento que hagan referencia a variaciones o mejoras que se puedan hacer dentro del proceso de producción.

De la misma manera se puede aplicar en áreas de ingeniería como gestión de la producción, ingeniería de métodos, ingeniería de procesos, ergonomía, entre otros, debido que la metodología de aprendizaje basado en problemas ha demostrado ser compatible en casos de tipo cuantitativo, en los cuales es necesario articular elementos teóricos con problemáticas dentro de un contexto industrial.

A partir de lo anterior, al momento de replicar la metodología propuesta es recomendable incluir otras variables de respuesta que se encuentren enfocadas en los indicadores clave de desempeño del sistema de producción, en dimensiones financiera, de productividad y calidad.

VI. Financiación

Artículo de investigación derivado del proyecto titulado “Aprendizaje activo como estrategia de formación en Ingeniería Industrial”, financiado por la Universidad de la Salle (Bogotá, Colombia). Grupo de investigación GIII. Fecha de Inicio: junio de 2015. Fecha de finalización: junio 2016.

ANEXOS

Anexo 1. Tablas correspondientes a las comparaciones y la consistencia de la evaluación efectuada, respectivamente. Ver tablas A1 a A16.

TABLA A1. MATRIZ DE RELACIÓN

Sigla	Descripción
Objetivos de Aprendizaje	
ADDCA	Aprender a diseñar un DCA
DEXP	Desarrollar de forma adecuada el experimento
AEXP	Analizar estadísticamente el experimento
IRES	Implementar los resultados del análisis
Competencias	
EFS	Plantea un completo enfoque sistémico
CEXP	Caracteriza el experimento
HJDT	Diseña una hoja de toma de datos aleatorio
EJEXP	Ejecuta correctamente el bloqueo de factores no controlables
MEEEXP	Mide correctamente
VSEXP	Verifica los supuestos del experimento
ANOVA	Construye y desarrolla adecuadamente el ANOVA
COMP	Aplica métodos de comparaciones
GRAF	Aplica métodos gráficos
TD	Toma decisiones basado en los análisis
PR	Propone recomendaciones
PN	Propone nuevos experimentos

TABLA 5. RESULTADOS DE OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Objetivos	Competencias	Calificación	Porcentaje
Aprender a diseñar un DCA	Plantea un completo enfoque sistémico	1,0	20 %
	Caracteriza el experimento	3,4	68 %
	Diseña una hoja de toma de datos aleatorio	5,0	100 %
Desarrollar de forma adecuada el experimento	Ejecuta correctamente el bloqueo de factores no controlables	1,0	20 %
	Mide correctamente	4,7	94 %
	Verifica los supuestos del experimento	2,9	58 %
Analizar estadísticamente el experimento	Construye y desarrolla adecuadamente el ANOVA	4,7	94 %
	Aplica métodos de comparaciones	4,5	89 %
	Aplica métodos gráficos	3,2	65 %
Implementar los resultados del análisis	Toma decisiones basado en los análisis	3,5	69 %
	Propone recomendaciones	4,1	63 %
	Propone nuevos experimentos	2,4	48 %

TABLA A2 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Matriz de Evaluación

	ADDCA	DEXP	AEXP	IRES
ADDCA	1	5	1	3
DEXP	1/5	1	1/5	1
AEXP	1	5	1	3
IRES	1/3	1	1/3	1

TABLA A7 APRENDER A DISEÑAR UN DCA

Análisis de Consistencia

	Spond	Spond/ Peso	Lmax	CI	RI	CR
EFS	1,8	3	3	0	0,58	0
CEXP	0,6	3	Consistente			
HJDT	0,6	3				

TABLA A3 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Matriz Normalizada

	ADDCA	DEXP	AEXP	IRES	Peso
ADDCA	0,395	0,417	0,395	0,375	39,5%
DEXP	0,079	0,083	0,079	0,125	9,2%
AEXP	0,395	0,417	0,395	0,375	39,5%
IRES	0,132	0,083	0,132	0,125	11,8%

TABLA A8 DESARROLLAR DE FORMA ADECUADA UN EXPERIMENTO

Matriz de Evaluación

	EJEXP	MEEXP	VSEXP
EJEXP	1	3	4
MEEXP	1/3	1	2
VSEXP	1/4	1/2	1

TABLA A4 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Análisis de Consistencia

	Spond	Spond/ Peso	Lmax	CI	RI	CR
ADDCA	1,602	4,053	4,033	0,011	0,90	0,012
DEXP	0,368	4,014	Consistente			
AEXP	1,602	4,053				
IRES	0,473	4,012				

TABLA A9 DESARROLLAR DE FORMA ADECUADA UN EXPERIMENTO

Matriz Normalizada

	EJEXP	MEEXP	VSEXP	Peso
EJEXP	0,632	0,667	0,571	62,32%
MEEXP	0,211	0,222	0,286	23,95%
VSEXP	0,158	0,111	0,143	13,73%

TABLA A5 APRENDER A DISEÑAR UN DCA

Matriz de Evaluación

	EFS	CEXP	HJDT
EFS	1	3	3
CEXP	1/3	1	1
HJDT	1/3	1	1

TABLA A10 DESARROLLAR DE FORMA ADECUADA UN EXPERIMENTO

Análisis de Consistencia

	Spond	Spond/ Peso	Lmax	CI	RI	CR
EJEXP	1,891	3,034	3,018	0,009	0,58	0,016
MEEXP	0,722	3,014	Consistente			
VSEXP	0,413	3,007				

TABLA A6 APRENDER A DISEÑAR UN DCA

Matriz Normalizada

	EFS	CEXP	HJDT	Peso
EFS	0,6	0,6	0,6	60,00%
CEXP	0,2	0,2	0,2	20,00%
HJDT	0,2	0,2	0,2	20,00%

TABLA A11 ANALIZAR ESTADÍSTICAMENTE EL EXPERIMENTO

Matriz de Evaluación

	ANOVA	COMP	GRAF
ANOVA	1	3	2
COMP	1/3	1	1
GRAF	1/2	1	1

TABLA A12 ANALIZAR ESTADÍSTICAMENTE EL EXPERIMENTO

Matriz Normalizada

	ANOVA	COMP	GRAF	Peso
ANOVA	0,545	0,600	0,500	54,85%
COMP	0,182	0,200	0,250	21,06%
GRAF	0,273	0,200	0,250	24,09%

TABLA A13 ANALIZAR ESTADÍSTICAMENTE EL EXPERIMENTO

Análisis de Consistencia

	Spond	Spond/ Peso	Lmax	CI	RI	CR
ANOVA	1,662	3,030	3,018	0,009	0,58	0,016
COMP	0,634	3,012	Consistente			
GRAF	0,726	3,013				

TABLA A14 IMPLEMENTAR LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Matriz de Evaluación

	TD	PR	PN
TD	1	5	7
PR	1/5	1	2
PN	1/7	1/2	1

TABLA A15 IMPLEMENTAR LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Matriz Normalizada

	TD	PR	PN	Peso
TD	0,745	0,769	0,700	73,80%
PR	0,149	0,154	0,200	16,76%
PN	0,106	0,077	0,100	9,44%

TABLA A16 IMPLEMENTAR LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Análisis de Consistencia

	Spond	Spond/ Peso	Lmax	CI	RI	CR
TD	2,237	3,031	3,014	0,007	0,58	0,012
PR	0,504	3,008	Consistente			
PN	0,284	3,004				

REFERENCIAS

[1] K. Willard and M. W. Duffrin, "Utilizing Project-Based Learning and Competition to Develop Student Skills and Interest in Producing Quality Food Items," *J. Food Sci. Educ.*, vol. 2, no. 4, pp. 69–73, May 2006. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4329.2003.tb00031.x>

[2] H. S. Barrows, "A taxonomy of problem-based learning methods," *Med. Educ.*, vol. 20, no. 6, pp. 481–486, Nov. 1986. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>

[3] Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid, "Guía Metodológica Aprendizaje Basado en Problemas" 2008. [En línea]. Available: http://innovacioneducativa.upm.es/guias/Aprendizaje_basado_en_problemas.pdf.

[4] G. A. Meneses Benavides and C. E. Ordosgoitia. Morales, "Laboratorio virtual basado en la metodología de aprendizaje basado en problemas, ABP," *Rev. Educ. en Ing.*, vol. 4, no. 7, pp. 62–73, 2009.

[5] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. "El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica." [Online]. Disponible en: <http://www2.uca.es/ordenacion/formacion/docs/jif-pev4-documentacion.pdf>

[6] C. A. Poot-Delgado, "Retos del aprendizaje basado en problemas," *Enseñanza e Investig. en Psicol.*, vol. 18, no. 2, pp. 307–314, 2013.

[7] H. B. White, D. Allen, B. Duch, S. Groh, S. Mierson and B. Williams, "Problem-Based Learning in Introductory Science Across Disciplines. Report University of Delaware", Noviembre 1997. [Online]. Available: <http://www1.udel.edu/chem/white/finalrpt.html>.

[8] C. Arpi Miró, P. Avila Castells, M. Baraldés i Capdevila, H. Benito Mundet, M. J. Gutiérrez del Moral, M. Orts Alis, R. Rigall i Torrent, and C. Rostán Sánchez, "El ABP: origen, modelos y técnicas afines," *Aula Innovación Educ.*, no. 216, pp. 14–18, 2012.

[9] M. D. Armenta Hernández, V. Salinas Urbina, and F. Mortera Gutiérrez, "Aplicación de la técnica educativa aprendizaje basado en problemas para capacitación a distancia (e-learning)," *RIED. Rev. Iberoam. Educ. a Distancia*, vol. 16, no. 1, pp. 57–83, Jan. 2013.

[10] D. J. Arenas Sepúlveda, A. M. Aguirre Henao, M. A. García Arias, E. Zapata Cacierra and M. E. Bernal Loaiza, «Aplicación del diseño de experimentos en el laboratorio de manufactura flexible como aporte a la formación del ingeniero industrial de la universidad tecnológica de Pereira.» in Worl Engineering Education Forum *ACOFI*, pp. 1-9, Septiembre 2013.

[11] S. Krishnan, "Student Experiences of Problem-Based Learning in Engineering : Learning Cultures of PBL Teams." [Ph.D Thesis], Victoria University, 2009.

[12] Y. Londoño Salazar, «Diseño de un experimento de medición a partir de datos cuantitativos para determinar el impacto de la aplicación de lúdicas como herramientas de aprendizaje en la memoria a largo plazo» [Trabajo de Grado], *Universidad Tecnológica de Pereira*, pp. 1-65, Octubre 2013.

[13] Carmona Martínez, M., Conesa Pérez, M. d., and Ros Clemente, M. I. «Valoración del Aprendizaje Basado en Problemas.» *Revistas Científicas Complutenses.*, vol. 19, pp. 1-10, 2014.

[14] C. Olivares Palma and P. Solís Morgado, "Efectos de una intervención utilizando Aprendizaje Basado en Problemas 4x4 en la formalización del pensamiento en alumnos de un ramo universitario," *Rev. Psicología UVM*, vol. 3, no. 5, 2013.

[15] J. García Sevilla, "El Aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria," vol. 32, pp. 1–17, 2008.

[16] A. Escribano and A. del Valle, *El aprendizaje basado en problemas : una propuesta metodológica en educación superior*. Narcea, 2008.

[17] Education - Maastricht University, "Problem-Based Learning," 2016. [Online]. Available: <https://www.maastrichtuniversity.nl/education/why-um/problem-based-learning>. [Accessed: 12-Jun-2016].

[18] C. Van Til and F. Van Der Heijden, *PBL Study Skills an overview*. Maastricht, 2003.