



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FASE I

**FORTALECIMIENTO DE LA EXPERIENCIA PRÁCTICA DE ESTUDIANTES DE DOE MEDIANTE
EL DISEÑO DE HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS**

PRESENTADO POR:

11611104 ANA GABRIELA SAGASTUME HERNÁNDEZ

ASESOR: ING. DANIEL MONTENEGRO

CAMPUS TEGUCIGALPA; ABRIL, 2020

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este proyecto son dedicados a Dios por ser luz en mi vida. A mis papás, mi fuente de apoyo y motivación incondicional a lo largo de los años, porque no hay palabras suficientes para agradecerles. Por todos sus sacrificios que la mayoría de las veces doy por seguro y paso por alto. A mis amigos por sus palabras de aliento, motivación y numerosas lluvias de ideas que hicieron que este proyecto sea lo que es.

Agradezco el apoyo del Ing. Daniel Montenegro, Ing. Mendel Nelson e Ing. Luis Álvarez por su tiempo, paciencia y apoyo a lo largo del proyecto de investigación.

RESUMEN EJECUTIVO (ESPAÑOL)

El siguiente estudio tuvo como objetivo principal fortalecer la experiencia práctica de los estudiantes de Diseño de Experimentos a través del uso de herramientas didácticas. Primero, se realizaron encuestas a estudiantes para determinar el nivel de satisfacción, aplicabilidad y oportunidades de mejora en la práctica del kit existente Catapulta NCMR. Tomando en cuenta la opinión de los encuestados, se diseñó un complemento para mejorar la detección y medición del primer rebote de la pelota del kit. Esto se realizó por medio de la prueba de rebote en distintas superficies, determinando que la mejor era harina o talco por su nivel de dureza.

Se diseñó un kit complemento que contiene un cajón plegable con 5 centímetros de talco en su interior, protector antiderrames, cintas métricas y banderines reutilizables. Este complemento, en comparación con el método actual, ofrece mayor exactitud, detección y mayor reutilización de materiales que el utilizado actualmente.

Se desarrolló un kit de apoyo que aplica la teoría de Diseño de Experimentos de bajo costo con base en los resultados obtenidos por medio encuestas y prueba de competencias donde se determinó que las prácticas actuales de la clase no son suficientes para que estudiantes identifiquen los conceptos de DOE en un ámbito industrial. El kit se orientó a 4 áreas de la Ciencia: Industria Alimentaria, Ciencias de la Salud, Industria Agrícola e Industria Aeroespacial.

El kit de aplicaciones de Diseño de Experimentos en áreas de la Ciencia se validó mediante aplicación de encuestas utilizando la Escala de Likert a 33 estudiantes y 2 docentes. 92.6% de los resultados de las encuestas de estudiantes y 87.5% de docentes fueron positivos, indicando que en un 90%, que el Kit de Experimentos de Aplicaciones de DOE en áreas de la Ciencia es una buena alternativa para enriquecer la experiencia práctica de la clase.

RESUMEN EJECUTIVO (INGLÉS)

The study's main goal was to strengthen the practical learning experience of the students of Experimental Design using didactic tools. On a first note, surveys were conducted to students to determine the level of satisfaction, applicability and opportunities for improvement in the practice of the existing NCMR Catapult kit. Considering the opinion of the surveyed, to improve the detection and measurement of the first bounce of the ball, a kit was created. This was done through a bounce test on different kinds of surfaces, determining that most adequate due to its hardness level was flour or talc.

A kit was designed that contains a folding drawer/case with a handle, 5 centimeters of talc inside, a plastic anti-spill guard, measuring tapes and reusable flags. This complement offers a 30% improvement in terms of the speed in which the practice is conducted compared to the current method, greater accuracy, detection and greater reuse of materials than the current method used.

An additional kit that applies the theory of Design of Experiments orientated towards different areas of Science was developed based on the results obtained through a survey and a test where both illustrated that the current practices in the class are not enough for students to identify the DOE concepts in an industrial setting. The kit targeted 4 areas of Science: Food Industry, Health, Agricultural Industry, and Aerospace Industry.

The kit was validated through surveys using the Likert Scale by 33 students and 2 teachers. 92.6% of the results of the student surveys and 87.5% of the teacher surveys were positive, indicating in an average of 90% that the designed kit is a good alternative to enrich the practical experience of the class.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	2
II.	Planteamiento del problema.....	3
	2.1 Precedentes del Problema.....	3
	2.2 Definición del Problema	4
	2.3 Justificación	5
	2.4 Preguntas de Investigación	5
	2.5 Objetivos.....	6
	2.5.1 Objetivo general	6
	2.5.2 Objetivos específicos	6
III.	Marco Teórico.....	7
	3.1 Diseño de Experimentos.....	7
	3.1.1 Concepto	7
	3.1.2 Objetivo y Metodología.....	7
	3.1.3 Pasos generales para la planeación y dirección	7
	3.1.4 Diseño de un Experimento	8
	3.2 Kits existentes para la práctica de Diseño de Experimentos.....	8
	3.2.1 Catapulta NCMR.....	8
	3.2.2 The Paper Helicopter Experiment	10
	3.3 Sistema de Medición.....	12
	3.4 Teorías de Aprendizaje.....	12
	3.4.1 Aprendizaje Constructivista.....	12
	3.4.2 Aprendizaje Colaborativo.....	13

3.4.3 Aprendizaje basado en problemas (APB).....	13
3.5 Juegos Didácticos.....	14
3.5.1 Concepto.....	14
3.5.2 Ventajas e Importancia.....	14
3.5.2.1 Cono de la experiencia de Edgard Dale	15
3.5.3 Características del Juego Didáctico.....	16
3.7 Rendimiento Académico	17
3.7.1 Concepto.....	17
3.7.2 Variables Internas.....	17
3.7.3 Variables Externas.....	17
3.8 Áreas de aplicación de Diseño de Experimentos en la Ciencia	18
3.9 Control de Calidad Sensorial.....	18
3.10 Escala de Likert	19
IV. Metodología.....	21
4.1 Enfoque.....	21
4.2 Variables de Investigación	22
4.2.1 Variables cualitativas.....	22
4.2.2 Variables cuantitativas.....	22
4.3 Técnicas e Instrumentos Aplicados	23
4.3.1 Técnicas.....	23
4.3.2 Instrumentos.....	23
4.4 Materiales.....	24
4.4.1 Materiales para la elaboración del complemento al kit Catapulta NCMR	24

4.4.2 Materiales para la elaboración del nuevo kit de apoyo para la clase de DOE.....	24
4.5 Población y muestra.....	25
4.6 Metodología de estudio	26
4.7 Metodología de Validación	27
4.8 Cronograma de Actividades.....	28
V. Resultados y Análisis.....	29
5.1 Mejora a la práctica actual de la herramienta kit de catapulta NCMR	29
5.1.1 Métodos.....	35
5.2 Desarrollo de kit de apoyo para DOE de bajo costo	43
5.2.1 Manual de Kit de Experimentos: Aplicaciones de Diseño de Experimentos en Áreas de la Ciencia.....	48
5.3 Verificación del Kit	80
VI. Conclusiones	87
VII. Recomendaciones	88
VIII. Aplicabilidad/Implementación	89
IX. Evolución de trabajo actual/Trabajo futuro.....	90

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Catapulta NCMR.....	9
Ilustración 2 - El cono de la experiencia de Edgard Dale	15
Ilustración 3 - Valores de la escala de Likert	19
Ilustración 4 - Año en el que se llevó la clase de DOE/Metodología Seis Sigma.....	29
Ilustración 5 - Clases que utilizan la catapulta.....	30
Ilustración 6 - Nivel de satisfacción y entretenimiento de la práctica Catapulta NCMR.....	31
Ilustración 7 - Grado de dificultad de la práctica de la práctica Catapulta NCMR	31
Ilustración 8 – Parte más confusa o tediosa de la práctica con la catapulta NCMR.....	32
Ilustración 9 - Nivel de aplicabilidad de la práctica de la Catapulta NCMR a la vida real o industria	33
Ilustración 10 - Aplicación personal de conceptos básicos de DOE de cada estudiante a un problema de la vida real.....	34
Ilustración 11 - Método actual de señalización con tape.....	35
Ilustración 12 - Método papel bond y tinta lavable	36
Ilustración 13 - Método papel lustroso y plástico (paper wrap).....	37
Ilustración 14 - Método de cajón con harina/talco	38
Ilustración 15 - Dimensiones cajón método con harina/talco.....	38
Ilustración 16 - Cajón plegable.....	39
Ilustración 17 - Tiempo total por método.....	40
Ilustración 18 - Calificaciones Parte I de la Prueba de competencias relacionadas a DOE	44
Ilustración 19 - Calificaciones Parte II de la Prueba de competencias relacionadas a DOE	45
Ilustración 20 - Calificaciones totales de la Prueba de competencias relacionadas a DOE.....	46

Ilustración 21 - Opinión general sobre el Kit de Experimentos.....	80
Ilustración 22 - Nivel de atractivo y contenido del Kit según estudiantes y docentes.....	81
Ilustración 23 - Opinión sobre los casos del Kit.....	82
Ilustración 24 - Nivel de realización de los experimentos del Kit.....	83
Ilustración 25 - Opinión sobre la visión obtenida por el Kit.....	84
Ilustración 26 - Aplicación de conceptos básicos de DOE utilizando el Kit.....	85
Ilustración 27 - Opinión del Kit como alternativa para enriquecer la práctica de la clase de DOE	86
Ilustración 28 - Parte 1 de la encuesta de satisfacción a estudiantes de la práctica Catapulta NCMR	96
Ilustración 29 - Parte 2 de la encuesta de satisfacción a estudiantes de la práctica Catapulta NCMR	97
Ilustración 30 - Parte 1 de la encuesta para estudiantes Kit de Experimentos para la clase de DOE	102
Ilustración 31 - Parte 2 de la encuesta para estudiantes Kit de Experimentos para la clase de DOE	103
Ilustración 32 - Parte 3 de la encuesta para estudiantes Kit de Experimentos para la clase de DOE	104
Ilustración 33 - Parte 1 de la encuesta para docentes Kit de Experimentos para la clase de DOE	105
Ilustración 34 - Parte 2 de la encuesta para docentes Kit de Experimentos para la clase de DOE	106
Ilustración 35 - Parte 3 de la encuesta para docentes Kit de Experimentos para la clase de DOE	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Cronograma de actividades.....	28
Tabla 2 - Tabla de recolección de datos de método actual	35
Tabla 3 - Tabla de recolección de datos de método papel bond y tinta lavable.....	36
Tabla 4 - Tabla de recolección de datos de método papel lustroso y plástico.....	37
Tabla 5 - Tabla de recolección de datos de método harina/talco	39
Tabla 6 - Criterios de selección de método.....	41
Tabla 7 - Ponderación por criterio.....	41
Tabla 8 - Resultados de criterios por método	42

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 - Cálculo del tamaño de la muestra con población conocida	25
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 - Encuesta de satisfacción a estudiantes de la práctica Catapulta NCMR.....	96
Anexo 2 - Prueba preliminar de competencias relacionadas a Diseño de Experimentos (Pauta). 98	
Anexo 3 - Encuesta para estudiantes Kit de Experimentos para la clase de DOE.....	102
Anexo 4 - Encuesta para docentes Kit de Experimentos para la clase de DOE.....	105

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

DOE	Diseño de Experimentos (Design of Experiments)
Kit	Herramienta de apoyo didáctica de enseñanza-aprendizaje
MS	Microsoft
ANOVA	Análisis de varianza
SD	Desviación estándar
VAR	Varianza de la media
Vs.	Versus

I. INTRODUCCIÓN

El Diseño de Experimentos (DOE) es una técnica que consiste en realizar una serie de experimentos en los que se inducen cambios deliberados en las variables de un proceso, de manera es posible identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida (Montgomery, 2005). Con esta técnica se puede conseguir, por ejemplo, establecer relaciones causa y efecto, reducir la variabilidad en los procesos, con ello los costos y pérdidas de producción. La aplicación de Diseño de Experimentos en la industria comprende campos como la Química, la Mecánica, los materiales, Ingeniería Industrial o la Electrónica, entre otros.

La metodología de enseñanza de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) reconoce la necesidad de la práctica en el aprendizaje educativo y toma en cuenta las necesidades, requisitos y situación del mundo exterior. Por ello, específicamente en el programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas de UNITEC se cursa la asignatura llamada Diseño de Experimentos donde se busca aprender sobre herramientas y conceptos de estadística avanzada y aplicar por medio de prácticas lo teórico visto en clase.

La investigación tendrá como objetivo identificar las oportunidades de mejora de la catapulta NCMR utilizada para la práctica de DOE y elaborar una alternativa nueva y adicional para la enseñanza-aprendizaje de esta clase a un bajo costo. Igualmente, será importante realizar una la comparación de precios entre los kits existentes con la alternativa diseñada en esta investigación.

El documento presentará en primer lugar, el planteamiento del problema describirá precedentes, justificación, preguntas de investigación y objetivos. Después, se presentará la revisión de la literatura necesaria para llevar a cabo la investigación en un marco teórico para respaldar la metodología a utilizar. Por último, se presentará el análisis de los resultados obtenidos del estudio para la conclusión y recomendación de este.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

La metodología de clases magistrales son el aprendizaje tradicional de las instituciones educativas. En estas el profesor o facilitador imparte la clase sin mucha interacción con el alumno, centrándose en su mayoría en la teoría. Este tipo de metodología estimula la memoria y el entrenamiento mecánico, causando que la recepción del conocimiento principios se convierte en pasiva. En los últimos años, se ha generado una nueva inclinación al aprendizaje por medio de la práctica.

De acuerdo con el investigador Edgard Dale el aprendizaje exitoso se basa en experiencias directas, modelos interactivos y participación dramática o juegos de rol. Las experiencias directas representan la realidad o las cosas más cercanas a la vida cotidiana. Esto se ve reflejado en un cono que Dale esquematizó donde se observa que un 90% de lo que se aprende después de dos semanas aún permanece en la mente de la persona si se utilizan las tres técnicas mencionadas anteriormente (Davis & Michele, 2015).

UNITEC es una de las instituciones educativas hondureñas que hacen énfasis en el aprendizaje didáctico a través de prácticas ya sea resolviendo problemas (casos) de la vida real, en laboratorios o utilizando herramientas, software, kits u otro tipo de tecnología. Como establece uno de los Objetivos de Calidad de UNITEC:

“Consolidar la formación de profesionales mediante la aplicación de las mejores prácticas en calidad académica, desarrollo de competencias, vinculación, investigación, emprendimiento, internacionalidad y uso de tecnología” (UNITEC, s.f.).

Una de las clases de la universidad donde todo el contenido teórico es idóneo para la puesta en práctica es la clase de Diseño de Experimentos. Dentro del sílabo se encuentra el contenido del curso donde algunas unidades son: planeación de experimentos, elementos de inferencia estadística, intervalos de confianza y pruebas de hipótesis, análisis de varianza, diseños factoriales entre otros.

En el sílabo de la clase, sección metodología de enseñanza-aprendizaje de la clase (Álvarez, 2018) afirma:

“Como docente de esta clase, deseo que el estudiante sea el centro de todas las actividades a desarrollar. Su participación en el proceso es fundamental para el aprendizaje. El desarrollo de las destrezas matemáticas sólo es posible a través de la práctica constante, por lo que una actitud positiva hacia el trabajo en clase y en casa es muy importante. El curso consistirá mayormente en actividades grupales y evaluaciones formativas individuales”. (p. 3)

Dentro de la clase se utilizan herramientas para aplicar la teoría a la práctica tales como Minitab, Excel y el kit de catapultas NCMR. Este último es la herramienta principal y única propiamente práctica de la clase donde verdaderamente se diseña, se prueba y se analizan los resultados de un experimento. El kit de catapultas se utiliza también en la clase de Metodología Seis Sigma que cursan de igual forma los estudiantes de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Estudiantes que cursaron estas clases consideran que el experimento con la catapulta NCMR fue la práctica donde pudieron ver la teoría realmente aplicada a la práctica ya que en esta pudieron observar cómo distintos factores influyen en un resultado final.

De igual forma, estos mismos mencionan que el equipo que se utiliza tiene oportunidades de mejora como, por ejemplo, acercarse más a situaciones que se podrían encontrar en la industria y mejorar el sistema de medición de los resultados de este. La falta de equipos como el anteriormente mencionado presenta cierta insatisfacción en los estudiantes, quienes aseguraron que las prácticas con más equipos mejorarían la comprensión de los temas y harían la clase más entretenida.

A pesar de que el DOE se considera como una herramienta eficaz para mejorar y optimizar procesos y productos, su aplicación no es muy habitual en las industrias. Los ingenieros y personal encargado de solución de problemas se limitan a usar la estadística básica, no aplicando así herramientas de estadística avanzadas por poco conocimiento estadístico (Osorio-Angarita & Suárez-Parra, 2013).

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Diseño de Experimentos es un tema sumamente amplio que se compone de muchas técnicas estadísticas que son útiles para ser puestas en práctica en cualquier tipo de rubro y por cualquier

persona, especialmente por aquellos que laboran o en un futuro lo harán, en la industria. Sin embargo, el equipo utilizado para la enseñanza práctica de la clase de Diseño de Experimentos de UNITEC es escaso, solo se utiliza uno y este mismo no es suficiente para representar la teoría vista en clase como una situación en la industria día a día.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Durante mucho tiempo se ha enseñado la Estadística haciendo uso casi exclusivo de herramientas teóricas y clases magistrales. Un sinnúmero de estudios pedagógicos como los encontrados en *CPU-e Revista de Investigación Educativa y Tecnología, Ciencia, Educación*, entre otros, han demostrado que el aprendizaje práctico o activo mejora los rendimientos y la actitud de los estudiantes, lo que aconseja la adopción de estrategias alternativas que involucren más activamente a los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

Anaya-Durand & Anaya-Huertas (2010) mencionan que el aprendizaje de sus alumnos es un tema que preocupa a la mayoría de los maestros; sin embargo, se determina una desmotivación muy generalizada de los estudiantes por lograr un verdadero interés en su proceso formativo, enfocándose en su mayor parte, únicamente a aprobar sus cursos y finalizar la carrera, con el mínimo de obstáculos.

El elemento esencial para lograr una motivación permanente en el alumno para aprender, para desarrollar y trascender es el aprendizaje a través de experiencias prácticas. El diseño de una herramienta para la enseñanza aprendizaje es beneficioso para aplicar la teoría de Diseño de Experimentos de una manera atractiva y entretenida a un bajo costo con el fin de utilizar actividades divertidas con actividades recreativas y primordialmente educativas.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cómo mejorar la práctica actual, *kit de catapulta NCMR*?
2. ¿Cuál es una manera eficaz de desarrollar un kit que aplique la teoría de Diseño de Experimentos?
3. ¿El kit desarrollado es realmente efectivo y replicable?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Fortalecer la experiencia práctica de los estudiantes de Diseño de Experimentos a través del uso de herramientas didácticas.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Mejorar la práctica actual de la herramienta kit de catapulta NCMR.
2. Desarrollar un kit de apoyo que contenga experimentos que apliquen la teoría de Diseño de Experimentos en casos de distintas áreas de la ciencia de bajo costo.
3. Verificar que el kit es atractivo y realizable a través de encuestas de satisfacción a docentes y estudiantes de UNITEC.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

3.1.1 CONCEPTO

Montgomery (2005) afirma que el Diseño de Experimentos (DOE) es una técnica que consiste en realizar una serie de experimentos en los que se ocasionan cambios intencionales en las variables de un proceso, de manera es posible identificar las causas de los cambios en la variable o respuesta de salida. Con esta técnica se puede conseguir reducir la variabilidad en los procesos, identificar la relación causa-efecto y, para la industria, reducir costos de producción y otros desperdicios.

El DOE tiene como objetivo ayudar al experimentador a elegir la estrategia experimental óptima que satisfaga sus necesidades y evalúa los resultados obtenidos garantizando la máxima confiabilidad en las conclusiones obtenidas.

3.1.2 OBJETIVO Y METODOLOGÍA

Ferré & Rius (s. f.) afirman que la planificación y el análisis son el principal objetivo del Diseño de Experimentos. El análisis de los resultados obtenidos del experimento permite obtener conclusiones sobre el sistema en estudio y decidir medidas futuras. Es más razonable utilizar una metodología matemática y estadística que indique como planificar la secuencia de experimentos de una forma óptima de modo que se minimice de la mejor manera la influencia del error experimental. La metodología del DOE se basa en la experimentación.

3.1.3 PASOS GENERALES PARA LA PLANEACIÓN Y DIRECCIÓN

Durakovic (2018) establece los pasos generales para planear y dirigir un experimento:

1. Establecimiento de los objetivos: lista de problemas a ser estudiados.
2. Definición de la variable de respuesta: en este paso se establece el resultado del experimento que debe ser medible, basado en los objetivos.

3. Establecimiento de los factores y niveles: elección de variables independientes o factores que pueden llegar a cambiar la variable de respuesta. Para decidir los factores a considerar se pueden emplear herramientas tales como mapas mentales, diagramas de pescado, entre otros.

3.1.4 DISEÑO DE UN EXPERIMENTO

El diseño de experimentos según iMotions, consta de los siguientes pasos:

1. Definir una hipótesis
2. Establecer las variables dependientes e independientes
3. Diseñar los tratamientos
4. Asignar sujetos a los tratamientos
5. Determinar la frecuencia de muestreo
6. Conducir el experimento y recolectar data
7. Procesar datos y analizar métricas (iMotions, 2017).

Los conceptos estadísticos de Diseño de Experimentos son amplios, ricos en contenido y con gran aplicabilidad al mundo real, por lo que se debe emplear a la práctica en la medida de lo posible a través de juegos didácticos, kits u otros instrumentos que faciliten la comprensión y engloben la teoría. Una forma de hacer esto es a través de prácticas utilizando kits didácticos.

3.2 KITS EXISTENTES PARA LA PRÁCTICA DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS

3.2.1 CATAPULTA NCMR

La metodología para llevar a cabo el experimento se explica a través de un ejercicio práctico que tiene por objetivo la optimización del lanzamiento de una pelota con un prototipo de catapulta.

El prototipo que ha sido utilizado (ilustración 1) es de madera y consta de una base de la que parten dos brazos. El brazo móvil está sujeto al brazo fijo de la catapulta mediante una goma; este además contiene en su parte superior una cazoleta que sirve de apoyo para la pelota.



Ilustración 1 - Catapulta NCMR

Fuente: (Worthpoint, s. f.)

Así, al extender el brazo hacia atrás cuantos grados se desee, la pelota sale despedida debido a la fuerza elástica que le transmite la goma al chocar el brazo móvil con el tope. Este diseño de catapulta permite modificar las posiciones de distintas partes de ella. Por ejemplo, la cazoleta donde irá posicionada la pelota está sujeta al brazo móvil por medio de un tornillo y una tuerca.

Esta cazoleta puede estar situada en la posición (+), esto es, la posición actual que se muestra en la figura 1, o se puede desenroscar y colocar en el agujero inferior del brazo móvil, indicado en la figura con el signo (-). Lo mismo sucede con la posición del tope o la extensión de la goma. El ángulo de tiro, sin embargo, puede adoptar cualquier valor. El kit catapulta NCMR contiene un manual donde se indican diversas prácticas y experimentos según sea el objetivo de aprendizaje (Izarbe Izquierdo et al., 2007).

El objetivo de este kit para la clase de Diseño de Experimentos es conocer el funcionamiento de la catapulta, es decir, averiguar en qué forma influyen cada una de sus partes en la distancia de lanzamiento, con el objetivo final de configurar una catapulta para que su alcance sea máximo.

3.2.2 THE PAPER HELICOPTER EXPERIMENT

Este experimento está basado en la teoría de 1991 de George E. P. Box, estadístico británico, que recurría a la elaboración de un helicóptero de papel para explicar los conceptos básicos de DOE. La actividad proporciona una forma eficiente y divertida de aprender material relevante para el curso. Al completar el experimento, el estudiante se familiarizará con los conceptos fundamentales de la planificación experimental y obtendrá conocimiento de la teoría detrás de los diseños factoriales fraccionales de dos niveles (*The Paper Helicopter Experiment*, s. f.).

Según Box (1991) cómo un "helicóptero" de papel hecho a partir de una hoja de papel de 8 1/2 "x 11" puede usarse para enseñar los principios del diseño experimental, incluidas las condiciones para la validez de la experimentación, la aleatorización, el bloqueo, el uso de factorial y diseños factoriales fraccionados, y el manejo de la experimentación.

El proyecto está diseñado para imitar las necesidades industriales y requiere generar datos reales. Para hacerlo, se utilizan plantillas de helicópteros de papel imprimibles proporcionadas por el sitio web www.paperhelicopterexperiment.com. El experimento consiste en el siguiente enunciado:

"Los clientes de CHC (Cellulose Helicopter Company) se han quejado del tiempo limitado de vuelo de los helicópteros CHC. Se forma un equipo de ingenieros, pilotos, gerentes y representantes de campo de CHC para estudiar cómo se puede modificar el diseño estándar del helicóptero CHC para prolongar el tiempo de vuelo sin deteriorar la estabilidad y la capacidad de vuelo.

Se propone una gran cantidad de factores que pueden afectar el tiempo de vuelo durante una sesión de lluvia de ideas, y la lista finalmente se limita a 8 factores que se estudiarán a través de un experimento factorial. Los ocho factores y sus niveles respetados sugeridos por el equipo se son:

- *Factores*

1. Material

2. Longitud de ala

3. Longitud de cuerpo

4. Ancho de cuerpo

5. Clips de papel

6. Alas dobladas

7. Cuerpo asegurado con tape

8. Alas aseguradas con tape

- *Parámetros*

1. *Ancho de ala*
2. *Altura de mitad de cuerpo*
3. *Desplazamiento de pliegue*
4. *Inclinación de pliegue*
5. *Capas de cuerpo*
6. *Grosor del tape*
7. *Dirección de giro*
8. *Etiquetas*

La tarea es planificar, ejecutar, analizar y documentar uno o más experimentos factoriales con el objetivo de mejorar la construcción del helicóptero CHC para prolongar el tiempo de vuelo.

Desafortunadamente, CHC tiene un presupuesto corto (acaban de invertir \$ 10 millones en una nueva planta piloto) y no tiene recursos para más de un total de 25 corridas experimentales" (The Paper Helicopter Experiment, s. f.).

Una vez entendido el enunciado, el estudiante personaliza el diseño del helicóptero para que se ajuste a sus necesidades estableciendo valores de niveles de factores y otros parámetros. Una vez hecho esto, simplemente se completa la matriz de diseño y se imprime el PDF con los patrones de papel del helicóptero proporcionados por la página, se dobla como se indica y se le agrega un clip como se menciona en las instrucciones de la página web. Una vez el helicóptero está armado, se lanza de una misma altura por 25 corridas y se hace un análisis del tiempo de vuelo.

Los kits existentes están basados en las teorías de aprendizaje actuales y están compuestos de una secuencia específica de pasos para alcanzar los resultados reales. Buscan preparar de la mejor manera al sujeto que los utiliza a una situación de la vida cotidiana con las técnicas y conceptos necesarios para un buen desarrollo.

Sin embargo, según Parendo (2016) ha descubierto que las personas que son entrenadas con la catapulta NCMR tienden a luchar para cerrar la brecha con sus aplicaciones prácticas propias. Esa es la verdadera prueba de una herramienta de enseñanza. La catapulta cumple con los conceptos básicos de Diseño de Experimentos, pero sirve más de entretenimiento. Para poder realizar una práctica que se aplique a la realidad es importante comprender los objetivos de aprendizaje.

3.3 SISTEMA DE MEDICIÓN

Mejía Bernal & Álvarez Pardo (2012) afirman: "Un sistema de medición es la colección de operaciones, procedimientos, instrumentos de medición y otro equipo, software y personal definido para signar un número a la característica que está siendo medida" (p. 99).

La calidad de un sistema de medición se caracteriza por sus propiedades estadísticas: insesgado y varianza idealmente cero.

Todos los sistemas de medición deben de poseer determinadas propiedades estadísticas. Mejía Bernal & Álvarez Pardo (2012) mencionan las siguientes:

- Estar en su control estadístico (estabilidad estadística).
- Su variabilidad debe ser pequeña comparada con las especificaciones y con la variación del proceso.
- Los incrementos de medida no deben ser mayores a 1/10 de lo menor entre las especificaciones y con la variación del proceso.
- Poco sesgo (Bernal & Álvarez Pardo, 2012).

Uno de los factores más importantes en un sistema de medición es la exactitud.

3.4 TEORÍAS DE APRENDIZAJE

El proceso de aprendizaje es complejo ya que lo comprenden diversas fases y en el que participan una gran cantidad de variables personales y contextuales que se conectan entre sí. Para desafiar una tarea de aprendizaje cada individuo opta por una forma específica de procesar el aprendizaje y esto genera diferencias individuales que en principio no son explicables por otros factores (López Aguado & López Alonso, 2019).

3.4.1 APRENDIZAJE CONSTRUCTIVISTA

Se basa en las experiencias del individuo con el entorno y a través de estas experiencias crea significados. La mente sirve como filtro de toda la información en el exterior con la que se produce su propia realidad. Este tipo de aprendizaje se construye mediante la observación,

experimentación, la interrelación con compañeros y la búsqueda de la satisfacción propia (Pérez Rave, 2011).

3.4.2 APRENDIZAJE COLABORATIVO

En esta teoría se comparte la autoridad con todos los integrantes mediante análisis grupal de casos ya que en estos surgen diálogos abiertos y significativos. Hay intercambios de las opiniones de los integrantes, se comparten ideas, críticas y se compromete el pensamiento reflexivo y creativo. Los integrantes del grupo buscan consensos para una meta en común (Pérez Rave, 2011).

Saavedra Serrano (2018) en su estudio concluye que la metodología del aprendizaje colaborativo estimula el rendimiento académico de los estudiantes de educación superior desarrollando así competencias como trabajo en equipo, capacidad de análisis y de síntesis, gestión de la información, entre otras.

3.4.3 APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (APB)

En este tipo de aprendizaje el alumno se enfrenta a un problema que no tiene una secuencia determinada ni existe una sola manera de actuar. Esta teoría induce al integrante a reflexionar sobre la definición de los problemas encontrados, sus causas y sus posibles mejoras. Las competencias adquiridas en este aprendizaje son: resolución de problemas, trabajo en equipo y pensamiento crítico y reflectivo (Pérez Rave, 2011).

Las teorías de aprendizaje describen como el estudiante absorbe, procesa y retiene el conocimiento obtenido durante el proceso de aprendizaje. Toma en consideración aspectos como experiencia previa y aspectos ambientales y estudia el efecto de estos en el proceso de enseñanza. Así como algunas de las teorías se centran en la independencia del estudiante, construcción de conocimiento y crecimiento personal, otras se fundamentan en la colaboración entre los mismos estudiantes.

El aprendizaje colaborativo es ideal para estudiantes de educación superior ya que se establece una interdependencia positiva entre los miembros del grupo, reconocen que todos tienen un objetivo en común y para alcanzarlo deben de apoyarse entre todos. De esta forma los estudiantes aumentan su productividad, razonamiento y creación de ideas y soluciones.

3.5 JUEGOS DIDÁCTICOS

3.5.1 CONCEPTO

Flores (2009) citado en Montero (2017), declara que “los juegos didácticos son una técnica participativa encaminada a desarrollar en los alumnos métodos de dirección y conducta correcta, estimulando así la disciplina con un adecuado nivel de decisión y autodeterminación” (p. 77).

Minerva Torres (2002) menciona que el juego en el aula favorece el aprendizaje siempre y cuando se planifiquen actividades placenteras para el estudiante, con reglas que permitan el refuerzo de los valores que fomenten el compañerismo para compartir ideas, conocimientos e inquietudes.

3.5.2 VENTAJAS E IMPORTANCIA

Bodrova y Deborah (2003) citado en Montero (2017) consideraban que los juegos didácticos no solamente buscan favorecer el desarrollo de competencias sociales, sino que también fomentan el aprendizaje de destrezas.

Minerva Torres (2002) afirma:

Estos conocimientos en varias áreas favorecen el crecimiento biológico, mental, emocional - individual y social sanos- de los participantes, a la vez que les propicia un desarrollo integral y significativo y al docente posibilita hacerle la tarea, frente a su compromiso, más dinámica, amena, innovadora, creativa, eficiente y eficaz, donde su ingenio se convierta en eje central de la actividad. (p. 291)

De la Torre (2005) en su libro explica que los juegos se deberían de usar en el ámbito educativo porque por medio del empleo de estos, los contenidos se convierten en más fáciles de comprender y recordar. Esto también permite a la docencia conocer más a los estudiantes en cuanto a su razonamiento, forma de pensar y resolución de preguntas.

Los metodología de los juegos permite un desarrollo en diversas áreas como la cognitiva, social, física y la emocional.

Esta teoría e importancia de actividades didácticas se ven sustentadas de igual forma, con el Cono de la experiencia de Edgard Dale.

3.5.2.1 Cono de la experiencia de Edgard Dale

Permite reflexionar sobre la profundidad del aprendizaje realizado con la ayuda de diversos medios donde los mayores índices de memoria de la experiencia de aprendizaje se encuentran en los comportamientos que implican una mayor actividad del aprendiz (Davis & Michele, 2015).

Es una clasificación que hace referencia a la forma en la que el ser humano logra internalizar su aprendizaje a través de diferentes medios.

Como se indica en la Ilustración 2, el cono de la experiencia de Dale muestra que las personas generalmente recuerdan 90% de las cosas que hacen por medio de la simulación o modelo de una experiencia real o realizar una representación teatral. Realizando estas actividades las personas son capaces de analizar, diseñar, crear y evaluar. Comparando esto con actividades básicas como leer o escuchar, las personas únicamente recuerdan un 10% o 20% de lo aprendido y únicamente son capaces de definir, enlistar, describir y explicar.



Ilustración 2 - El cono de la experiencia de Edgard Dale

Fuente: (Davis & Michele, 2015)

Haciendo utilización de la simulación o modelo de una experiencia real o inclusive, realizar una representación teatral, los sujetos serán capaces de tener una mejor comprensión de cualquier tema y los resultados del aprendizaje serán al menos un 70% mayores en comparación al aprendizaje tradicional de leer y escuchar.

3.5.3 CARACTERÍSTICAS DEL JUEGO DIDÁCTICO

Debe cumplir con ciertas características para que el juego cumpla con su finalidad de involucramiento de los participantes en el mismo. Rodríguez Lago (2016) establece las siguientes características:

- Debe de transferir al participante un conocimiento o destreza, por lo que tiene que ser de carácter didáctico como propósito fundamental.
- El objetivo didáctico debe estar planteado de forma concreta, es decir, demuestra específicamente el conocimiento o aptitud a enseñar.
- Cualquier tipo de condiciones, limitaciones y reglas deben ser mencionadas y aclaradas al inicio de la actividad.
- Al momento de la creación de este, el número de jugadores se establece y se menciona como regla para evitar cambios o variaciones en el juego.
- La tensión, el trabajo en equipo y la competencia son atributos para el estímulo de los participantes, fomentando así la diversión, participación constante y por ello, el aprendizaje durante toda la sesión (Rodríguez Lago, 2016).

Siendo el objetivo primordial de los juegos didácticos la comprensión de los temas vistos en el aula y que el estudiante disfrute estos, es necesario que el juego esté bien planificado tomando en cuenta las necesidades específicas de los alumnos. Si el juego está bien definido y planificado, cubrirá la integración de los contenidos de diversas áreas y entrelaza los ejes transversales de una manera placentera. Al incluir los juegos didácticos en las actividades diarias de educación superior, servirán como actividad para recreación, diversión, comprensión, al igual que la generación de cualidades como la creatividad, el deseo e interés por participar.

3.7 RENDIMIENTO ACADÉMICO

3.7.1 CONCEPTO

Jiménez (2000) citado en Edel Navarro (2003) afirma: "El rendimiento académico es un nivel de conocimientos demostrado en un área o materia comparado con la norma de edad y nivel académico" (p. 2).

Tomando en cuenta este concepto se puede encontrar que el rendimiento del alumno debería ser entendido a partir de sus procesos de evaluación, no obstante, la evaluación de los rendimientos alcanzados por los alumnos no provee por sí sola todas las guías necesarias para mejorar la calidad educadora (Edel Navarro, 2003).

3.7.2 VARIABLES INTERNAS

Hernández, Jiménez & Sánchez (2015) establecen las siguientes variables internas que tienen impacto en el rendimiento académico:

- Logros académicos
 - Resistencia física
 - Persistencia
 - Actitudes positivas y negativas
 - Percepción académica del estudiante
 - Confianza
 - Inteligencia emocional
 - Capacidad de concentración
 - Autoestima
 - Eficacia
 - Trabajar en equipo
 - Desarrollo en un plan de carrera
 - Hábitos de estudio
 - Ritmo de trabajo
 - Capacidad de concentración
 - Autoestudio
 - Tiempo de dedicación al estudio
- (Hernández et al., 2015).

3.7.3 VARIABLES EXTERNAS

Hernández et al. (2015) establecen las siguientes variables externas que tienen impacto en el rendimiento académico:

- Entorno universitario
- Vinculación
- Modelo educativo
- Variables socioeconómicas

- Redes sociales
- Percepción Académica
- Profesores
- Exámenes
- Trazabilidad
- Reprobación
- Evaluaciones
- Amigos
- Familia
- Estancia en la universidad (Hernández et al., 2015).

Estudiando las variables internas y externas que influyen en el rendimiento académico ayudan al entendimiento de la importancia que tienen estos conceptos en las instituciones de educación superior. Los estudiantes son un elemento clave para el estudio debido a que sus opiniones y percepciones son la manera de determinar las variables más influyentes.

Para obtener buenas calificaciones también es necesaria la satisfacción con todas las actividades que deben de realizar los estudiantes en sus clases. Estas pueden traer consigo experiencia positivas de aprendizaje y servir como motivación.

3.8 ÁREAS DE APLICACIÓN DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN LA CIENCIA

Durakovic (2018) menciona que las 15 áreas científicas con mayor aplicación de Diseño de Experimentos, de mayor a menor, son: Medicina y Ciencias de la Salud, Ingeniería, Bioquímica y Genética, Física y Astronomía, Ciencias Computacionales, Ciencias Sociales, Materiales, Agricultura, Química, Matemática, Planetaria, Ciencias Ambientales, Artes y Humanidades, Neurociencias y Microbiología.

El DOE como método científico es más popular en las áreas científicas de medicina, ingeniería, bioquímica, física y ciencias de la computación. Su aplicación en estas áreas representa alrededor del 50% en comparación con todas las demás áreas científicas. Solo la medicina participa alrededor del 18%, mientras que la ingeniería y la bioquímica juntas participan con el 20%; La física y la informática juntas participan con el 13% (Durakovic, 2018).

3.9 CONTROL DE CALIDAD SENSORIAL

Ho (2017) menciona que el control de calidad sensorial se puede hacer por medio de especificaciones semicuantitativas. Una descripción semicuantitativa involucra cualquier método

de análisis descriptivo genérico con una escala categórica. Es utilizada para productos preliminares o intermedios. Apariencia, aroma, sabor, textura y sabor después de ingerido son características que se pueden evaluar de forma semicuantitativa

3.10 ESCALA DE LIKERT

La escala de Likert es de las herramientas psicométricas más usadas en investigaciones relacionadas a los temas de educación y ciencias sociales. Fue ideada para medir la “actitud” de una forma científicamente aceptada y validada. Esta escala es un conjunto de declaraciones ofrecidas para una situación real o hipotética bajo estudio. Se les solicita a los participantes expresar su nivel de acuerdo (desde totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo) en una escala métrica. La escala Likert es ideal para los estudios de caso (Joshi et al., 2015). Los valores en la escala de Likert se observan en la Ilustración 3.



Ilustración 3 - Valores de la escala de Likert

Fuente: (Llauradó, 2014)

La escala de Likert es un método de calificaciones sumadas para la medición de actitudes. Se determinan juicios que tienen un determinado puntaje que finalmente se sumarán, obteniéndose luego la puntuación total. Esta herramienta es ideal para evaluar de forma cualitativa de manera que los resultados se mantengan en el rango científicamente aceptable.

Davis y Summers utilizaron la escala de Likert en su investigación para determinar las opiniones de los estudiantes sobre el tipo de aprendizaje didáctico. (Davis & Michele, 2015) aseguran que en cuestionando se encuentra en el corazón de la investigación científica y el aprendizaje significativo. Ningún otro evento relata mejor el aprendizaje que una pregunta que surge a la mente.

IV. METODOLOGÍA

4.1 ENFOQUE

La presente investigación posee un enfoque mixto. Como Hernández Sampieri lo establece, un enfoque mixto surge de la combinación del enfoque cuantitativo y cualitativo. La sección cuantitativa de la investigación se justifica en que para la posible realización de esta fue necesario compilar información sobre estudios y herramientas previamente realizadas para estructurar la herramienta de apoyo y mejorar los recursos actuales. Bajo este enfoque, en la creación se llevó a cabo un proceso secuencial y probatorio. Los datos analizados y recolectados de los grupos de pruebas piloto se utilizaron para responder algunas de las preguntas de investigación, al igual que el uso de estadísticas. Una de las bondades de este enfoque es la réplica y generalización de resultados.

Por el otro lado, el enfoque cualitativo se refleja en la investigación en la mejora de la práctica de la catapulta de DOE y Seis Sigma ya que primero se explora por medio de encuestas a sujetos las oportunidades de mejora de la práctica, luego se prosigue a describir las respuestas y por último se generan perspectivas teóricas con base en los resultados. Se aplica la lógica inductiva para generar una solución. Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, (2014) afirman en su libro que en el enfoque cualitativo “la literatura desempeña un papel menos importante al inicio, aunque sí es relevante en el desarrollo del proceso. En ocasiones, provee de dirección, pero lo que principalmente señala el rumbo es la evolución de eventos durante el estudio y el aprendizaje que se obtiene de los participantes” (p. 11).

La investigación se desarrolló bajo el enfoque de estudio de caso, aun cuando esta no haya sido en una empresa específica, se tomaron estudiantes de Ingeniería Industrial y de Sistemas de UNITEC Tegucigalpa.

Yin (2008) considera el método de estudio de caso como un método para desarrollar un completo entendimiento de un proceso, evento o actividad. El estudio de caso es considerado ideal para temas que se consideran nuevos o cuya literatura es difícil encontrar y es capaz de satisfacer todos los objetivos de una investigación. La investigación puede ser replicada con otras universidades.

Sin embargo, según Monroy (s. f.) el estudio de caso posee diversas desventajas como que el investigador puede tener supuestos a priori que sesguen las interpretaciones de los resultados, las notas y registros pueden o no representar la realidad y no puede generalizarse a partir de la información que se obtiene. Sin embargo, este método representa el mundo de fenómenos de los participantes por medio de la descripción detallada de los sucesos.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables por tomar en cuenta en la investigación son:

4.2.1 VARIABLES CUALITATIVAS

- Técnica de metodología enseñanza-aprendizaje: kit didáctico diseñado para el apoyo a la enseñanza de Diseño de Experimentos.

4.2.2 VARIABLES CUANTITATIVAS

- Tiempo empleado en la práctica: minutos usados en detectar dónde cae la pelota y en tomar las medidas de esta.
- Criterios de selección: para seleccionar el método para detección del lugar donde cae la pelota y en la toma de medidas de esta, tomando en cuenta varios factores o criterios.
- Satisfacción y desempeño: satisfacción y desempeño de los estudiantes comparando el kit de catapulta tradicional y el kit más el complemento.
- Satisfacción y desempeño: satisfacción y desempeño de los estudiantes comparando actividades prácticas anteriores vs. prácticas nuevas.
- Costo de ventas: costo al que es elaborado el complemento al kit actual y el kit didáctico nuevo.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

4.3.1 TÉCNICAS

Para poder realizar el análisis, en el estudio se aplicaron técnicas, las cuales se dividen en cuatro grupos primarios: teorías de aprendizaje, técnicas de diseño de un experimento y técnicas grupales. Las técnicas usadas relacionadas a las teorías de aprendizaje son las siguientes:

- Visual
- Interpersonal
- Kinestésico corporal

Las tres teorías se complementan y son la base para desarrollar con éxito el kit.

La técnica de Diseño de Experimentos (DOE) se utilizó junto con sus herramientas para la elaboración del experimento incluido en el kit.

4.3.2 INSTRUMENTOS

- MS Word: en este se realizaron las guías y pautas de todos los documentos para la práctica con el nuevo kit.
- MS Excel: hoja de toma de tiempos y facilidad del complemento al kit actual de la catapulta NCMR.
- Minitab: para el análisis de todos los datos obtenidos y para la realización de las prácticas.
- Encuestas: para analizar las oportunidades de mejora de la práctica actual a través de las opiniones de los estudiantes.
- Pruebas de competencia: para determinar si la actividad de la catapulta brinda los conocimientos y competencias suficientes para identificar conceptos en una situación de la vida real aplicada a la industria.
- Google Forms: elaboración de encuestas de satisfacción.

Parte fundamental de la investigación fue la búsqueda de la literatura relacionada con los temas a estudiar por lo que se utilizaron instrumentos como Science Direct, Redalyc, ProQuest y Research Gate.

4.4 MATERIALES

Los materiales utilizados en el estudio se dividen en dos categorías: materiales para elaboración de complemento al kit actual catapulta NCMR y materiales para elaboración de nuevo kit de apoyo a la clase de DOE.

4.4.1 MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DEL COMPLEMENTO AL KIT CATAPULTA NCMR

- Bote de tinta lavable
- 3 pliegos de papel bond
- Bandeja
- Talco o harina
- Banderines
- Bisagras y argollas
- Rollo de plástico para envoltorio/cocina o film estirable
- Plywood
- Cintas métricas
- Tape

4.4.2 MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DEL NUEVO KIT DE APOYO PARA LA CLASE DE DOE

- Colador
- Rallador
- Bowl
- Taza medidora
- Cuchara medidora
- Recipientes (plástico, vidrio, metal)
- 1 Ginger Ale en lata
- 1 Ginger Ale en envase vidrio
- 1 Ginger Ale en envase de plástico
- Lápiz
- Papel

- Listados de 20 sílabas
- 6 maceteras pequeñas de plástico
- 1 imán redondo
- 5 imanes pequeños
- Frijoles
- Tierra
- Regla o cinta métrica
- Clips
- Tape
- Caja plástica para almacenamiento

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

El tipo de muestreo utilizado en la investigación es muestreo probabilístico con técnica aleatoria simple. Otzen & Manterola (2016) afirman que el muestreo probabilístico se utiliza cuando se conoce la población. Todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra.

Diseño de Experimentos es una clase semestral, por lo que como población se consideraron todos los estudiantes que ya cursaron Diseño de Experimentos en el año 2018 y 2019, para comparar el nivel de satisfacción, experiencia y otros factores de las experiencias prácticas pasadas y nuevas, excluyendo aquellos estudiantes que ya se graduaron, se encuentran en la práctica profesional o se encuentran fuera de la universidad por otros motivos. Esto debido a la facilidad de contacto y disponibilidad de horario de los estudiantes.

El tamaño de la población es de 35 estudiantes, con ello se prosigue al cálculo de la muestra utilizando la Ecuación 1:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{e^2(N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Ecuación 1 - Cálculo del tamaño de la muestra con población conocida

Fuente: (PSYMA, 2015)

Donde:

- n = tamaño de la muestra
- N = población o universo
- Z = nivel de confianza
- p = probabilidad a favor
- q = probabilidad en contra
- e = error muestral

Utilizando un nivel de confianza de 95% se obtiene que la muestra a estudiar es de 33 estudiantes.

4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En primera instancia, se determinaron posibles oportunidades de mejora del kit existente Catapulta NCMR de la clase de Diseño de Experimentos a través de encuestas a los estudiantes que tuvieron la oportunidad de utilizar el equipo (Anexo 1). Con base en las respuestas más comunes obtenidas se prosiguió a diseñar varios complementos a la catapulta con el fin de facilitar la toma de mediciones y la detección del primer rebote de la pelota. Se determinó y validó cuál era el mejor complemento de forma personal comparando el tiempo de realización de la actividad de medición original vs. con el complemento.

Después, se aplicó una prueba de competencias mostrado en el Anexo 2 a estudiantes que ya aprobaron la clase de Diseño de Experimentos, para determinar si la actividad de la catapulta brinda los conocimientos y competencias suficientes para identificar conceptos en una situación de la vida real aplicada a la industria. Posteriormente, se realizó una revisión de literatura para conocer los tipos de juegos didácticos que los autores utilizaban y las características y pasos que debe de tener un experimento según la teoría de Diseño de Experimentos.

Otra revisión de literatura importante que se llevó a cabo fue aquella que mencionaba se determinó que una fábrica de trompos es una forma sencilla de ilustrar una situación en la industria donde se emplea el Diseño de experimentos de una manera práctica y divertida. Las técnicas de DOE empleadas en el kit son: diseños factoriales, análisis de varianzas, pruebas de hipótesis, análisis de datos y resultados.

De igual forma, para la construcción del kit de apoyo se emplearon técnicas de teorías de aprendizaje las cuales son; aprendizaje constructivista, aprendizaje colaborativo y aprendizaje basado en problemas. Tomando dichas teorías como fundamento base para desarrollar con éxito el kit didáctico. Al tener un panorama claro de la situación, se procedió a la construcción de este con todas las técnicas anteriormente mencionadas.

A la muestra obtenida se le enseñó el kit y se prosiguió a la aplicación de una encuesta donde las preguntas hacían referencia al empleo de conceptos de DOE a la práctica, al grado de aplicabilidad a la industria, cercanía de representación a la vida cotidiana y experiencia didáctica.

Resultados y conclusiones fueron creadas y analizadas mediante las respuestas obtenidas de parte de la prueba mencionada anteriormente con el uso de Minitab. Se realizó un análisis de costos con la finalidad de comparar los kits existentes de DOE y el creado, teniendo como propósito poder replicarlo o adquirirlo a un bajo costo para bajos presupuestos de empresas u otras universidades.

4.7 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

El complemento para el kit de catapulta NCMR se validó de forma personal mediante la comparativa de tiempo, facilidad de elaborar, exactitud y detección, costo y reutilización de material como criterios de selección del método para realizar las medidas de la trayectoria de la pelota. El nuevo kit de la clase de DOE se validó mediante encuestas utilizando la escala de Likert para medir la satisfacción de los estudiantes de las actividades prácticas tomando en cuenta factores como aplicabilidad al mundo real (industria) y aplicación de la teoría de Diseño de Experimentos a la práctica. De igual forma, se aplicaron encuestas similares a los 2 docentes que imparten la clase de Diseño de Experimentos y Metodología Seis Sigma. Se analizaron los resultados con el fin de determinar la satisfacción y alcance del objetivo del kit para poder confirmar si el kit es efectivo o no.

4.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 1 - Cronograma de actividades

Actividad	Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4				Semana 5				Semana 6				Semana 7				Semana 8				Semana 9				Semana 10								
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Revisión de literatura	■	■	■	■																																									
Estudiar el kit catapulta NCMR						■	■	■	■	■	■	■	■	■																															
Investigar costo de kits existentes											■	■	■	■																															
Elaboración de prueba preliminar											■	■	■	■																															
Entrega primer avance															■																														
Listar materiales y aplicación de encuestas															■																														
Compra de materiales															■	■	■	■	■	■																									
Construcción del complemento al kit catapulta NCMR															■	■	■	■	■	■																									
Pruebas de los complementos															■	■	■	■	■																										
Construcción de nuevo kit															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																					
Elaboración de PowerPoint del kit															■	■	■	■	■																										
Impartir metodología a primer grupo																				■	■	■	■	■																					
Impartir metodología a segundo grupo																					■	■	■	■																					
Impartir metodología a tercer grupo																						■	■	■																					
Análisis resultados parte 1																									■	■	■	■	■																
Análisis de resultados y validación parte 2																									■	■	■	■	■																
Entrega segundo avance																																													
Análisis de costos																																													
Entrega tercer avance																																													
Elaboración de artículo científico																																													
Entregar informe final y paper																																													

Fuente: Elaboración Propia

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 MEJORA A LA PRÁCTICA ACTUAL DE LA HERRAMIENTA KIT DE CATAPULTA NCMR

Para determinar las posibles oportunidades de mejora del kit existente Catapulta NCMR se aplicó una encuesta a 29 sujetos. Para ver la prueba completa a detalle dirigirse al anexo 1. La encuesta se dividió en dos partes. La primera parte se orientó a conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes con la práctica y la segunda se centró en el grado de aplicabilidad de la práctica.

Los resultados observados en la ilustración 4 muestran que un 89.96% de las personas encuestadas tomaron la clase de Diseño de Experimentos/Metodología Seis Sigma en los años 2019 y 2018.

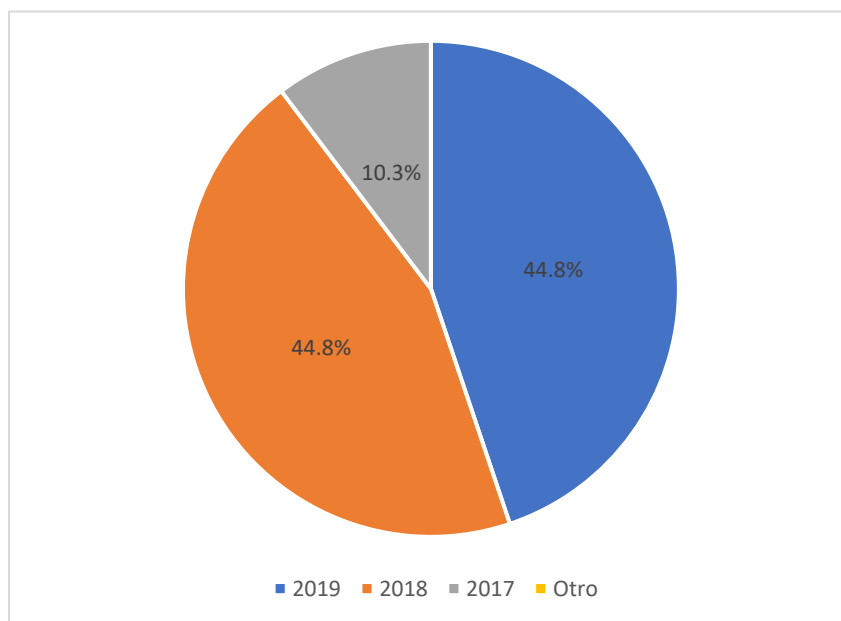


Ilustración 4 - Año en el que se llevó la clase de DOE/Metodología Seis Sigma

Fuente: Elaboración Propia

Lo anterior indica que al menos 26 de los estudiantes encuestados todavía siguen cursando clases en la universidad en la actualidad.

La clase que más ha utilizado la catapulta es Diseño de Experimentos exclusivamente con un 86.2% observado en la ilustración 5, adicionalmente un 13.6% indica que la catapulta NCMR se utilizó de igual forma para ambas clases de Metodología Seis Sigma y Diseño de Experimentos. Este último resultado es debido a que Metodología Seis Sigma es una clase de orientación específica que únicamente cursan aquellos estudiantes que se orientan a Sistemas de Calidad. De los resultados se puede determinar que es indispensable que cualquier mejora realizada para la práctica actual debe aplicar para ambas clases y la creación de un nuevo kit debe aplicar los contenidos y cumplir con los objetivos y competencias de las dos clases.

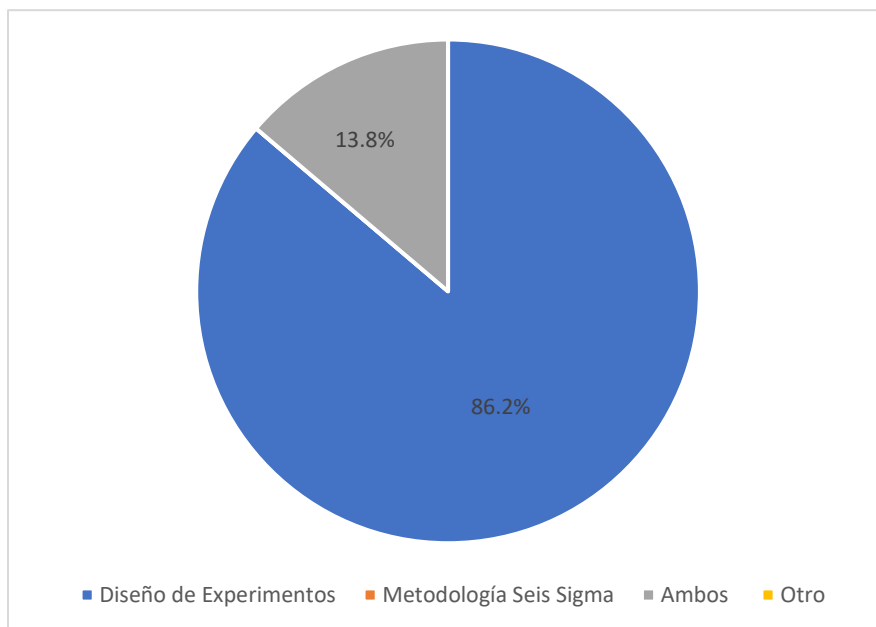


Ilustración 5 - Clases que utilizan la catapulta

Fuente: Elaboración Propia

Se tomó como punto de partida la satisfacción de los estudiantes en la segunda parte de la encuesta con el objetivo de determinar aquellos aspectos donde el estudiante encuentra mayor dificultad o deficiencia para lograr el diseño de un complemento que mejore la experiencia en varios aspectos de la práctica con la catapulta como tal. Como se puede observar en la ilustración 6 de la siguiente página, se evalúa en una escala del 1 al 5 la práctica con la catapulta NCMR.

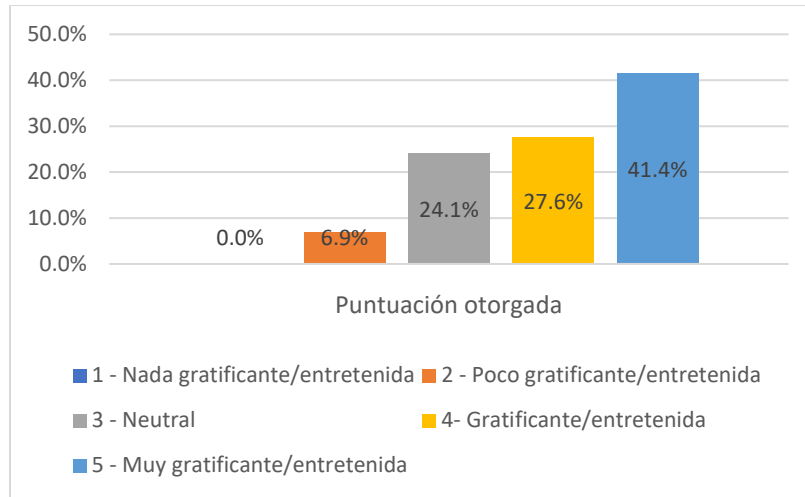


Ilustración 6 - Nivel de satisfacción y entretenimiento de la práctica Catapulta NCMR

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados muestran que un 69% de los estudiantes encuestados consideran que las prácticas que utilizan la catapulta son gratificantes y entretenidas hasta muy gratificantes y entretenidas, lo que indica que el juego didáctico cumple con el objetivo de enseñar a través de la diversión y el entretenimiento. Un buen juego didáctico tiene una metodología que aporta a las áreas cognitivas, sociales, físicas y emocionales de los estudiantes.

Como se observa en la ilustración 7, los resultados se encuentran concentrados a la izquierda.

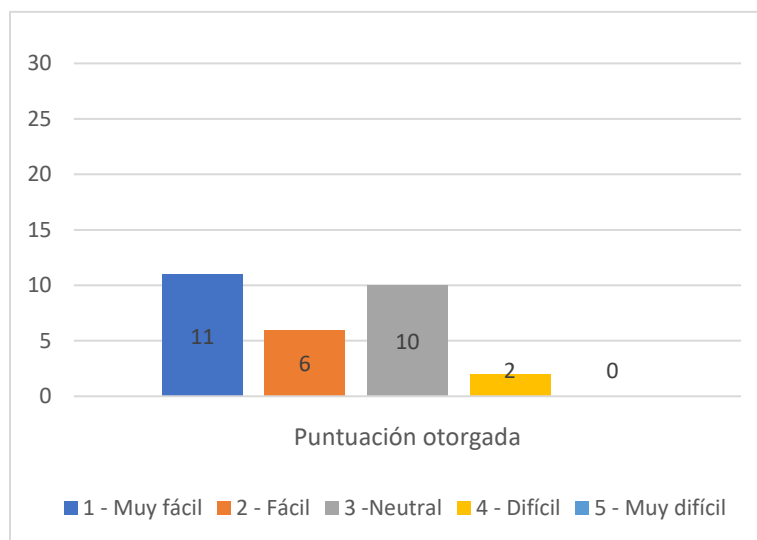


Ilustración 7 - Grado de dificultad de la práctica de la práctica Catapulta NCMR

Fuente: Elaboración Propia

Un 93.1% de los encuestados consideran que la práctica con la catapulta NCMR fue muy fácil, fácil o neutral. Como consecuencia, se estima que cualquier mejora por realizar a la experiencia didáctica de las clases podría aumentar, aunque no necesariamente, de manera leve el nivel de dificultad de forma que aumente y despierte el interés por nuevas aplicaciones de conceptos de los estudiantes.

Por otra parte, una de las preguntas más importantes de la encuesta es la observada en la ilustración 8 donde se les preguntó a los encuestados cuál consideraban que era la parte más tediosa y/o confusa de la práctica con la catapulta NCMR.

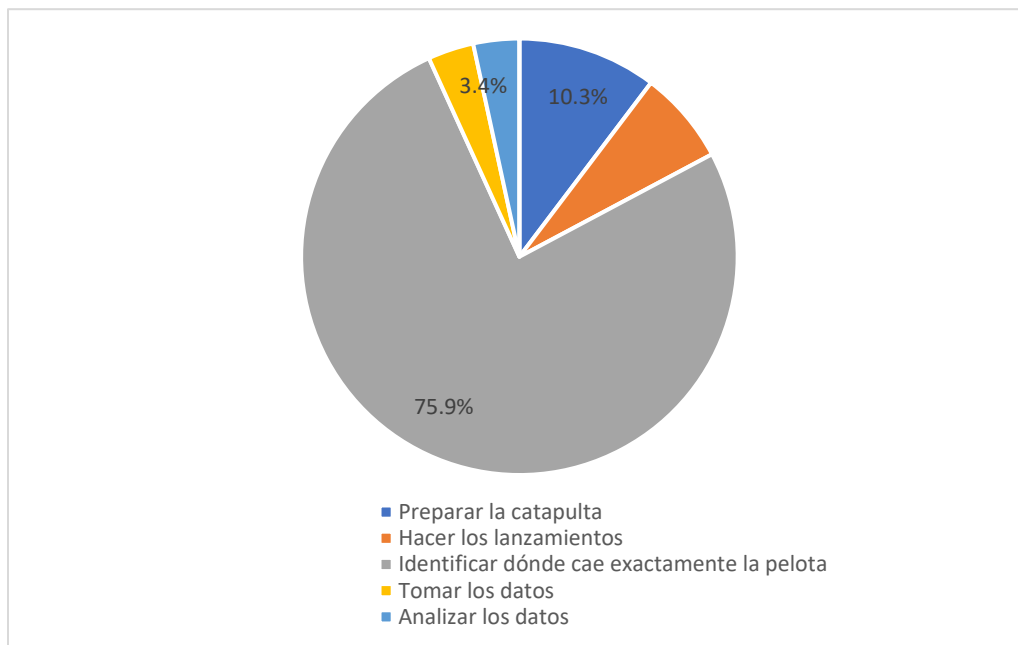


Ilustración 8 – Parte más confusa o tediosa de la práctica con la catapulta NCMR

Fuente: Elaboración Propia

El 75.9% de los estudiantes, lo que representa una gran mayoría, considera que la parte más tediosa es la identificación del lugar exacto donde cae la pelota al realizar los lanzamientos.

A partir del resultado de esta pregunta se identificó qué parte de la práctica les causaba más problemas a los estudiantes y por consiguiente se prosiguió a la búsqueda de una solución para el fortalecimiento de la experiencia práctica de los estudiantes en la práctica actual con el kit de la catapulta NCMR específicamente donde la mayoría considera que hay un problema. Se cree que a través de la adición de un complemento que ayude en esta parte específica de la práctica,

la experiencia didáctica de la catapulta será fortalecida, reducirá el tiempo de la práctica, la hará más fácil y más entretenida para los estudiantes.

Referente al grado de aplicabilidad de la práctica con la catapulta NCMR, como se menciona anteriormente, se elaboró la segunda parte de la encuesta donde se buscó identificar la opinión de los estudiantes de la aplicación de conceptos a la vida real. A continuación, se observa en la ilustración 9 el nivel de aplicabilidad de la práctica con la catapulta a un ámbito industrial o caso de la vida real.

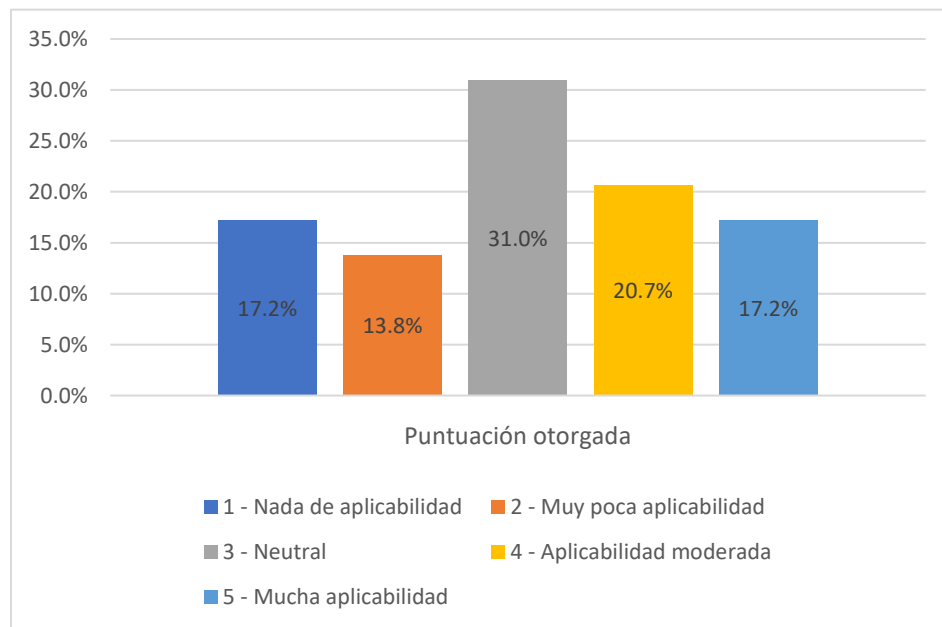


Ilustración 9 - Nivel de aplicabilidad de la práctica de la Catapulta NCMR a la vida real o industria

Fuente: Elaboración Propia

31% de los encuestados consideran neutral que la práctica con la catapulta NCMR representa un problema de la vida real o de la industria. Tomando el siguiente resultado más alto, un 20.7% de los estudiantes consideran que la práctica de la catapulta tiene cierta aplicabilidad a la industria, lo que quiere decir que esta práctica, en teoría, brinda las competencias necesarias para poder identificar los conceptos y términos básicos para un diseño y elaboración de un experimento en la industria. Se observó en los resultados que la mayoría de encuestados que cursaron la clase en el 2017 son aquellos mismos que asignan la puntuación de 1 o nada de aplicabilidad.

En la ilustración 10, encontrada en la siguiente página, se pidió que los encuestados determinaran en una escala del 1 al 5 qué tanto podrían ellos aplicar los conceptos básicos de Diseño de Experimentos a un problema de la vida real.

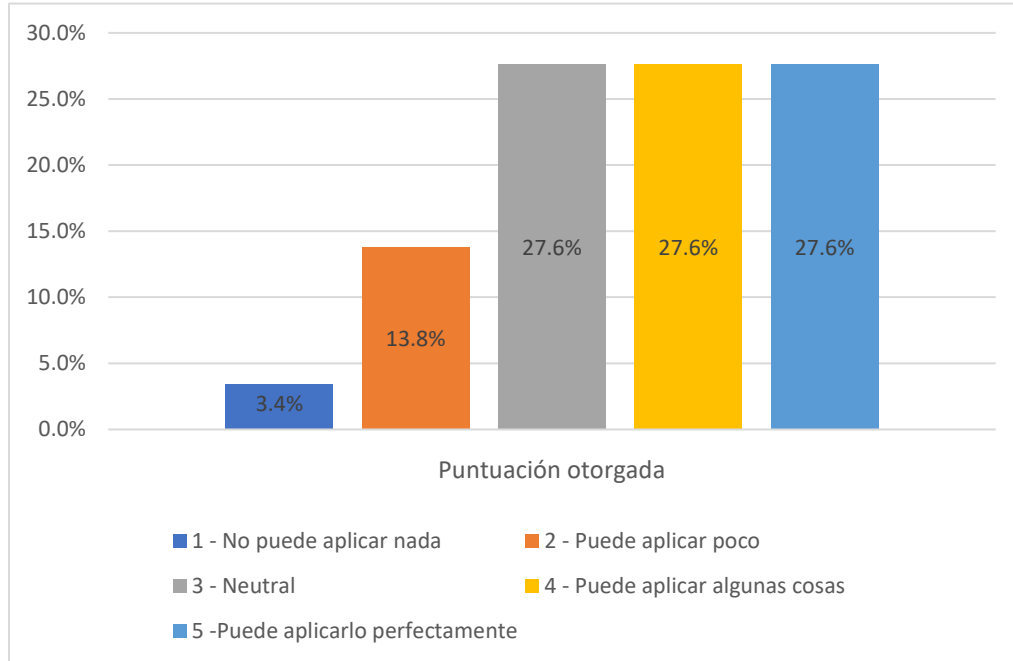


Ilustración 10 - Aplicación personal de conceptos básicos de DOE de cada estudiante a un problema de la vida real

Fuente: Elaboración Propia

Un 55.2% de los encuestados afirman que pueden aplicar al menos algunos de los conceptos básicos de Diseño de Experimentos a un problema de la vida real o industria.

Este último resultado se corroboró por medio de una prueba de competencias relacionadas a Diseño de Experimentos donde se exponen casos orientados a la industria donde se debe identificar algunos conceptos básicos de DOE tales como variables, combinaciones, constantes, entre otros. Los resultados de este se pueden encontrar más adelante.

Se prosiguió a elaborar tres métodos alternativos para mejorar la detección y toma de mediciones de la pelota para la práctica con la catapulta NCMR con el fin de mejorar la experiencia del estudiante. Se buscó que estos se pudieran usar como complemento a la práctica.

Los cuatro métodos analizados se encuentran en la siguiente sección.

5.1.1 MÉTODOS

1. Método actual: como se observa en la ilustración 11, se detecta el primer lugar de rebote de la pelota de forma intuitiva/visual, se toma la distancia utilizando una cinta métrica y se marca con un tape en el suelo. Los tiempos de identificación del rebote y medición se observan en la tabla 2 en segundos.

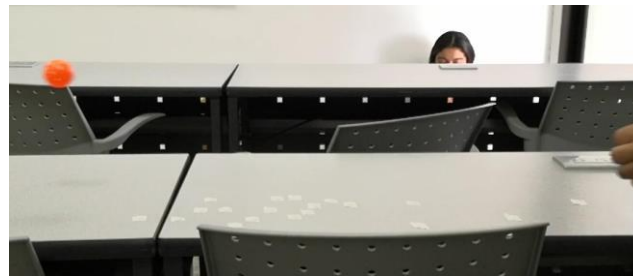


Ilustración 11 - Método actual de señalización con tape

Fuente: (Nelson, 2018)

Tabla 2 - Tabla de recolección de datos de método actual

Visual y tape (actual)				
Pelota Rosada				
Ángulo	Altura 1		Altura 2	
	160	140	160	140
1	25	30	32	29
2	30	22	24	40.5
3	26.5	31.4	27.5	36.5
Pelota Blanca				
Ángulo	Altura 1		Altura 2	
	160	140	160	140
1	33.5	31.2	32.3	27.3
2	30.2	22.5	31.5	33.5
3	30.2	34.3	29	26.5

Fuente: Elaboración Propia

2. Papel bond y tinta lavable con cinta métrica incluida: la detección del primer rebote de la pelota se hace a través de la marca ocasionada en el papel bond una vez que la pelota se llena en tinta o acrílico lavable. Una cinta métrica se encuentra pegada en el papel bond. En la ilustración 12 se puede observar este método. En la parte derecha se puede observar

que el error del método se ocasiona por la tinta residual que queda en la pelota una vez que la pelota hace el primer rebote. La marca sigue todo el camino de la pelota, creando confusión y haciendo que no se vea con claridad.



Ilustración 12 - Método papel bond y tinta lavable

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3 se observan los tiempos de detección y medición del rebote para este método en específico. Los valores se encuentran elevados ya que la preparación para el lanzamiento y la detección de la pelota de este método en específico presenta varias dificultades.

Tabla 3 - Tabla de recolección de datos de método papel bond y tinta lavable

Papel bond y tinta lavable con metro incluido				
Pelota Rosada				
Ángulo	Altura 1		Altura 2	
	160	140	160	140
1	45	36.5	41.6	52.5
2	43.3	41.5	53.6	43.5
3	54.3	54.5	40.8	62.5
Pelota Blanca				
Ángulo	Altura 1		Altura 2	
	160	140	160	140
1	53.3	56.5	63.7	47.5
2	46.3	49.5	51.6	64.5
3	48	48.5	48.6	48.5

Fuente: Elaboración Propia

3. Papel lustroso y plástico (*paper wrap*) con cinta métrica incluida: la detección del primer rebote de la pelota surge en el contacto de la pelota con el plástico y la superficie brillante o lustrosa del papel. Una cinta métrica se encuentra pegada en el papel lustroso. La ilustración 13 muestra el método. En la parte derecha de la ilustración se puede observar con dificultad, el lugar donde la pelota marcó el primer rebote, por lo que no se considera visualmente fácil, convirtiéndolo en un error.

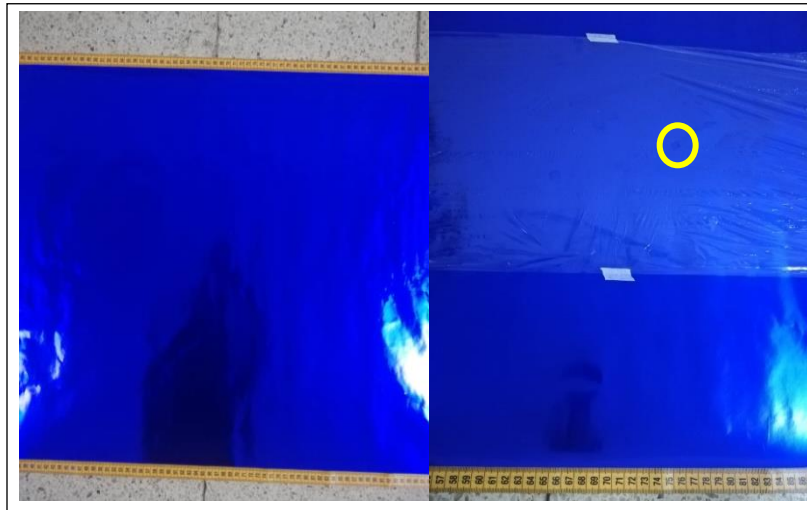


Ilustración 13 - Método papel lustroso y plástico (paper wrap)

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4 inferior se observa el tiempo en segundos para 12 lanzamientos con este método.

Tabla 4 - Tabla de recolección de datos de método papel lustroso y plástico

Papel lustroso y plástico con metro incluido				
Pelota Anaranjada				
Ángulo	Altura 1		Altura 2	
	160	140	160	140
1	56.7	46.5	48.5	46.5
2	48.5	32.2	44.6	53.4
3	35.6	40.2	51.4	41.4
Pelota Blanca				
Ángulo	Altura 1		Altura 2	
	160	140	160	140
1	49.5	46.5	46.3	46.5
2	46.7	35.2	48.5	49.5
3	34.5	39.8	53.5	43.6

Fuente: Elaboración Propia

4. Harina/talco con cinta métrica incluida: en un cajón se agregó una capa aproximadamente de 5 centímetros de grosor de talco (también se puede realizar con harina) y cintas métricas a lo largo. El cajón diseñado (ilustración 15), que también es desplegable (ilustración 16), cuenta con una tapadera con la que se puede hacer presión sobre el material para que este esté uniformemente distribuido sin marcas. La detección del primer rebote de la pelota surge al contacto de la pelota con la superficie del talco por su nivel de dureza porque es un mineral suave al tacto. Una vez la pelota cae, se coloca un en banderín laminado con un marcador de pizarra el número de lanzamiento (ilustración 14). Por último, se toma la medida con las cintas métricas encontradas a los lados.



Ilustración 14 - Método de cajón con harina/talco

Fuente: Elaboración Propia

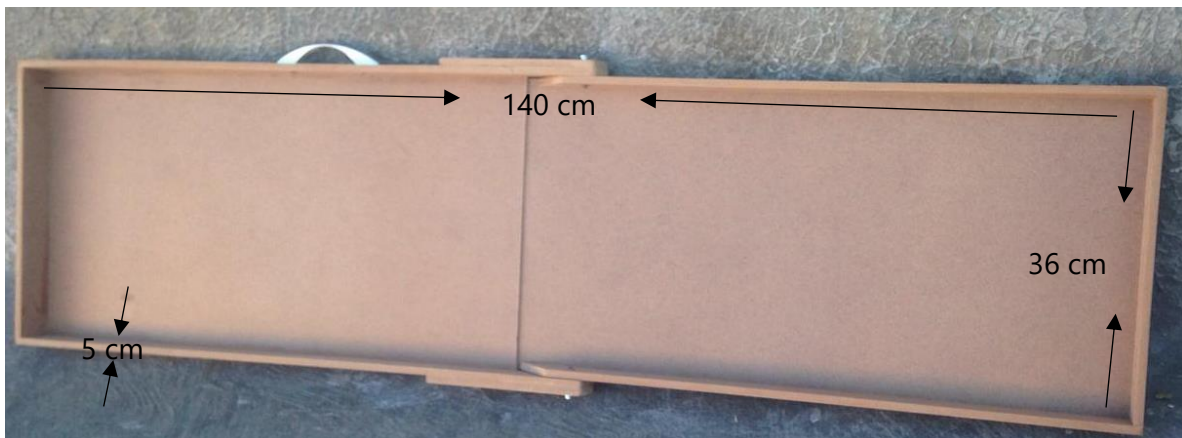


Ilustración 15 - Dimensiones cajón método con harina/talco

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 16 - Cajón plegable

Fuente: Elaboración Propia

El tiempo para llevar a cabo la práctica con la catapulta NCMR con el método harina/talco con metro incluido se observa en la tabla 5. Se tomó el tiempo en segundos empleado en identificar el primer rebote y tomar la medida de cada lanzamiento.

Tabla 5 - Tabla de recolección de datos de método harina/talco

Harina/talco con metro incluido				
Pelota Anaranjada				
Ángulo	Altura 1		Altura 2	
	160	140	160	140
1	32.3	27.5	36.8	28.3
2	30.5	28.3	25.6	31.4
3	31.4	36.5	38.5	29.6
Pelota Blanca				
Pelota Blanca				
Ángulo	Altura 1		Altura 2	
	160	140	160	140
1	33.5	31.5	26.5	29.4
2	35.6	26.6	28.5	25.5
3	27.8	25.7	34.2	26.5

Fuente: Elaboración Propia

Se realizaron 12 lanzamientos con fines ilustrativos de la práctica completa donde se realizan más de 50 lanzamientos en promedio.

Los resultados finales por método se obtuvieron por medio de un promedio de todos los tiempos empleados en cada lanzamiento. Estos resultados se observan en la ilustración 17.

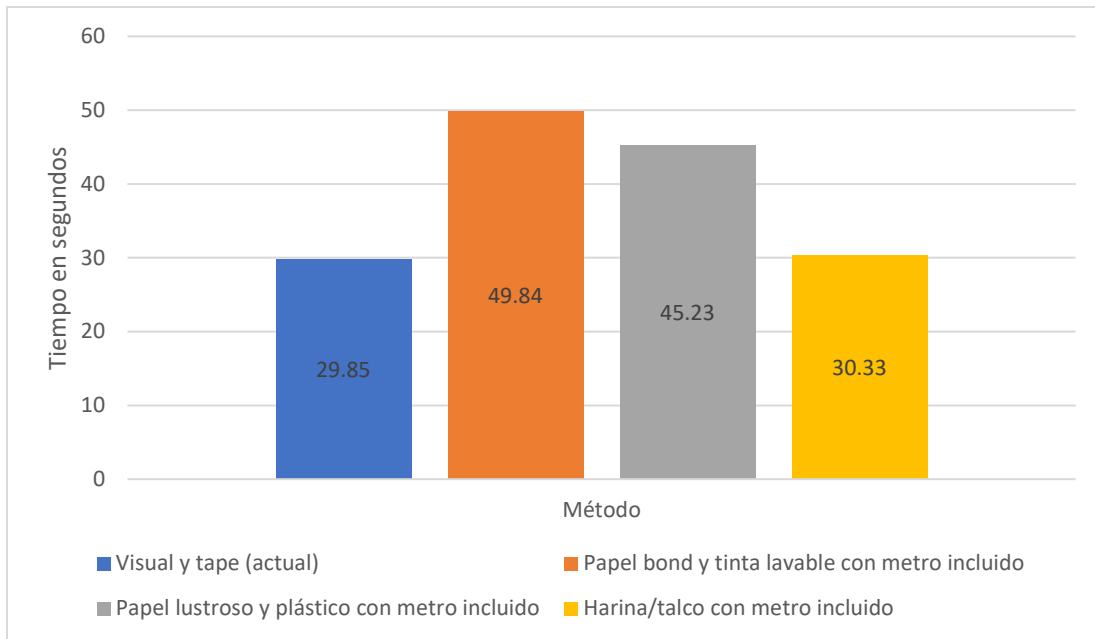


Ilustración 17 - Tiempo total por método

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, se consideró que el tiempo empleado en la identificación del rebote de la pelota y medición de esta no era el único factor para determinar cuál era el método óptimo, por lo que se elaboró una tabla con criterios de selección (tabla 4) tomando en cuenta la opinión de estudiantes por medio de una entrevista. Los criterios de selección elegidos son definidos a continuación.

- Facilidad de elaborar: sencillez de elaborar, crear o ensamblar cada uno de los métodos.
- Exactitud de detección: exactitud y claridad de la marca del primer rebote de la pelota.
- Tiempo: tiempo empleado en detectar el primer rebote de la pelota y tomar la medida de esta.
- Costo: valor empleado en la elaboración, materiales y mano de obra de cada uno de los métodos.
- Reutilización de material: posibilidad de reutilizar todos los materiales empleados en el método para próximas prácticas.

Por cada método, cada criterio puede ser asignado un valor de 1 a 3, siendo 1 el más bajo y 3 el más alto, es decir, el método más fácil de elaborar sería asignado con un valor de 3, el método más difícil un 1 y así sucesivamente para cada criterio.

Tabla 6 - Criterios de selección de método

Criterios (valores del 1-3)		Facilidad de elaborar	Exactitud/detección	Tiempo	Costo	Reutilización de material
Método	Visual y tape (actual)	3	1	2	3	1
	Papel bond y tinta lavable con metro incluido	3	1	1	3	1
	Papel lustroso y plástico (paper wrap) con metro incluido	3	1	2	2	3
	Bandeja de harina/talco con metro incluido	1	3	3	1	3

Fuente: Elaboración Propia

De igual forma, para cada criterio se tomó en cuenta una ponderación, es decir que unos criterios eran más importantes que otros, por lo que se les asignó una puntuación del 1 al 5 empezando en 1 siendo el menos importante. Estas ponderaciones se asignaron de acuerdo con las opiniones de los estudiantes por medio de una entrevista y se pueden observar en la tabla 7.

Tabla 7 - Ponderación por criterio

Ponderación de cada criterio (1-5)				
Facilidad de elaborar	Exactitud/detección	Tiempo	Costo	Reutilización de material
2	5	4	3	1

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó una suma producto de la matriz de puntuación de cada criterio y la matriz de ponderación de criterio para obtener una calificación total o global. Los resultados se observan en la tabla 8 de la siguiente página.

Tabla 8 - Resultados de criterios por método

Selección de criterios							Ponderación de cada criterio (1-5)					Total
Criterios (valores del 1-3)	Facilidad de elaborar	Exactitud/detección	Tiempo	Costo	Reutilización de material	Facilidad de elaborar	Exactitud/detección	Tiempo	Costo	Reutilización de material		
Método	Visual y tape (actual)	3	1	2	3	1	2	5	4	3	1	29
	Papel bond y tinta lavable con metro incluido	3	1	1	3	1	2	5	4	3	1	25
	Papel lustroso y plástico (paper wrap) con metro incluido	3	1	2	2	3	2	5	4	3	1	28
	Bandeja de harina/talco con metro incluido	1	3	3	1	3	2	5	4	3	1	35

Fuente: Elaboración Propia

Al observar la calificación total tomando en cuenta los criterios y la ponderación de cada uno de ellos se concluye que el método de bandeja de harina/talco con metro incluido es el más adecuado a utilizar como complemento para mejorar la experiencia del estudiante en la práctica específica de la catapulta a pesar de que es el método menos fácil de elaborar y el más costoso, la inversión para este complemento solo se hace una vez y la durabilidad del talco/harina es larga. Su exactitud de detección de la caída de la pelota es excelente y el tiempo para llevar a cabo la medición e identificación es poco. En términos de puntuación total otorgada el método nuevo sugerido tiene 4 puntos más que el método actual.

5.2 DESARROLLO DE KIT DE APOYO PARA DOE DE BAJO COSTO

Se aplicó una prueba de competencias relacionadas con los conceptos básicos de Diseño de Experimentos a una muestra de 33 sujetos donde se evaluaron temas básicos como planteamiento de hipótesis, identificación de variables dependientes e independientes, número de réplicas por experimento, constantes y otros. La prueba se dividió en dos partes. Parte I identificación de variables y Parte II aplicación e identificación de conceptos a la vida real/industria. La pauta de la prueba de competencias se puede ver detalladamente en el anexo 2.

La primera parte de la prueba de competencias se centra en la identificación de la variable independiente y dependiente de una hipótesis. Por su nivel básico, se asignó que para esta primera parte la calificación es de un 30% sobre 100%. Los resultados obtenidos para la primera parte son los observados en la ilustración 18 de la siguiente página.

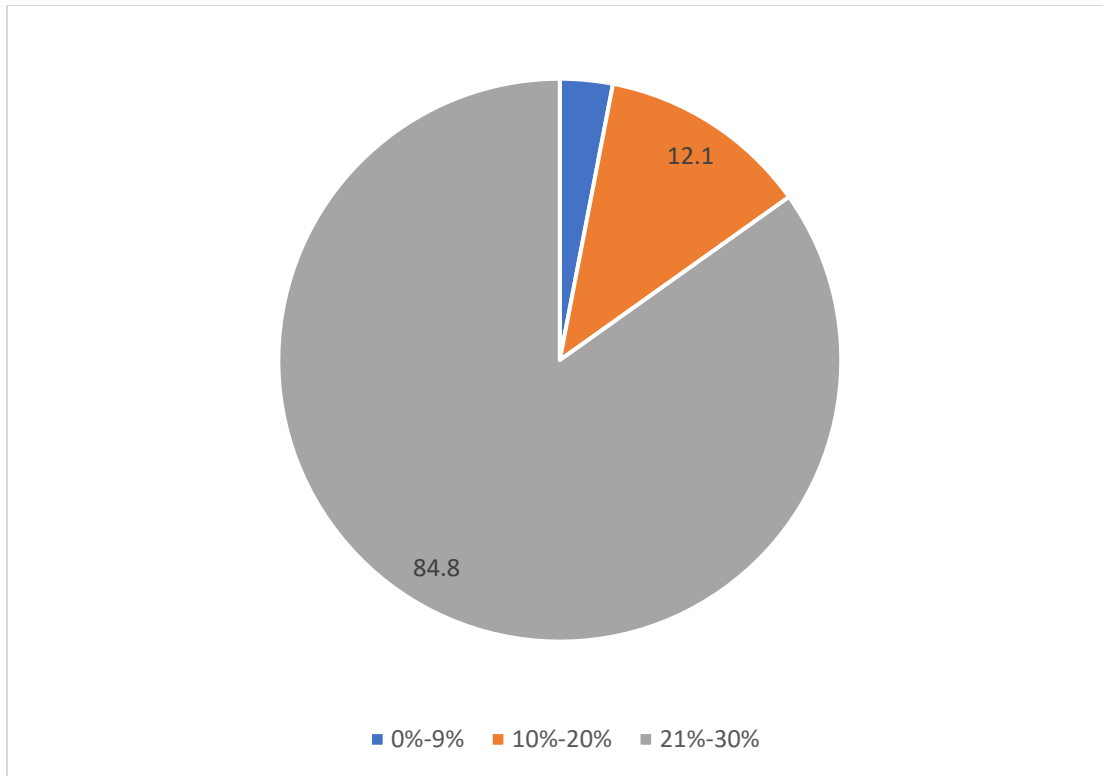


Ilustración 18 - Calificaciones Parte I de la Prueba de competencias relacionadas a DOE

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la ilustración 18, 28 de los 33 estudiantes estudiados, lo que equivale a un 84.8%, identificó correctamente las variables dependientes e independientes de cada enunciado. Dicho resultado refleja que el contenido teórico y las prácticas realizadas en la clase de Diseño de Experimentos son los suficientes para reconocer la variables en un enunciado referente a una situación de la vida real.

Por el otro lado, las calificaciones para la segunda parte de la prueba de competencias se pueden observar en la ilustración 19. La puntuación más alta para esta sección era de un 70% del 100% de la prueba.

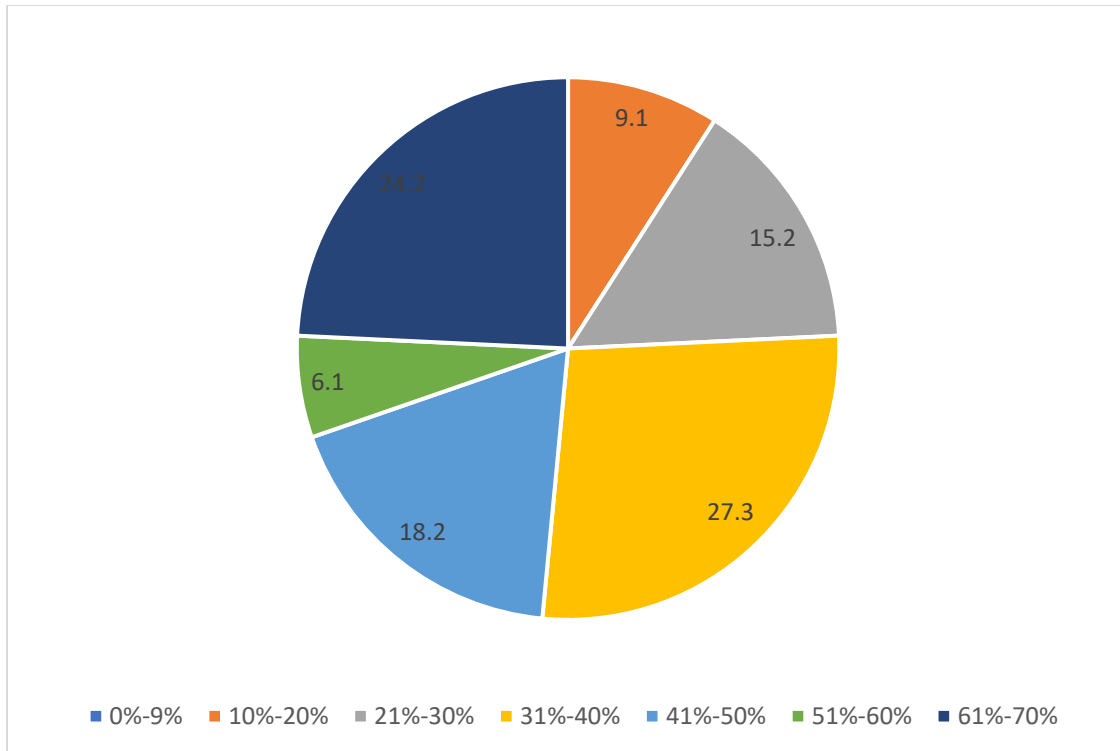


Ilustración 19 - Calificaciones Parte II de la Prueba de competencias relacionadas a DOE

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la ilustración 19, 52% de los 33 estudiantes a los que se les aplicó la prueba, sacaron 40% o menos en los ejercicios relacionados a la identificación de conceptos en un enunciado cercano a un contexto industrial o situaciones de la vida real.

Dichos resultados indican que la identificación aislada de conceptos como variables dependientes e independientes se realizan sin mayor dificultad alguna mientras que la identificación de conceptos aplicados en un caso de la vida real se les dificulta a los estudiantes en un mayor grado.

La ilustración 20 encontrada en la siguiente página muestra las calificaciones totales de la prueba de competencia de todos los estudiantes a quienes se les aplicó, tomando en cuenta ambas partes: identificación de variables dependiente e independiente y conceptos básicos de Diseño de Experimentos aplicado a casos de estudio.

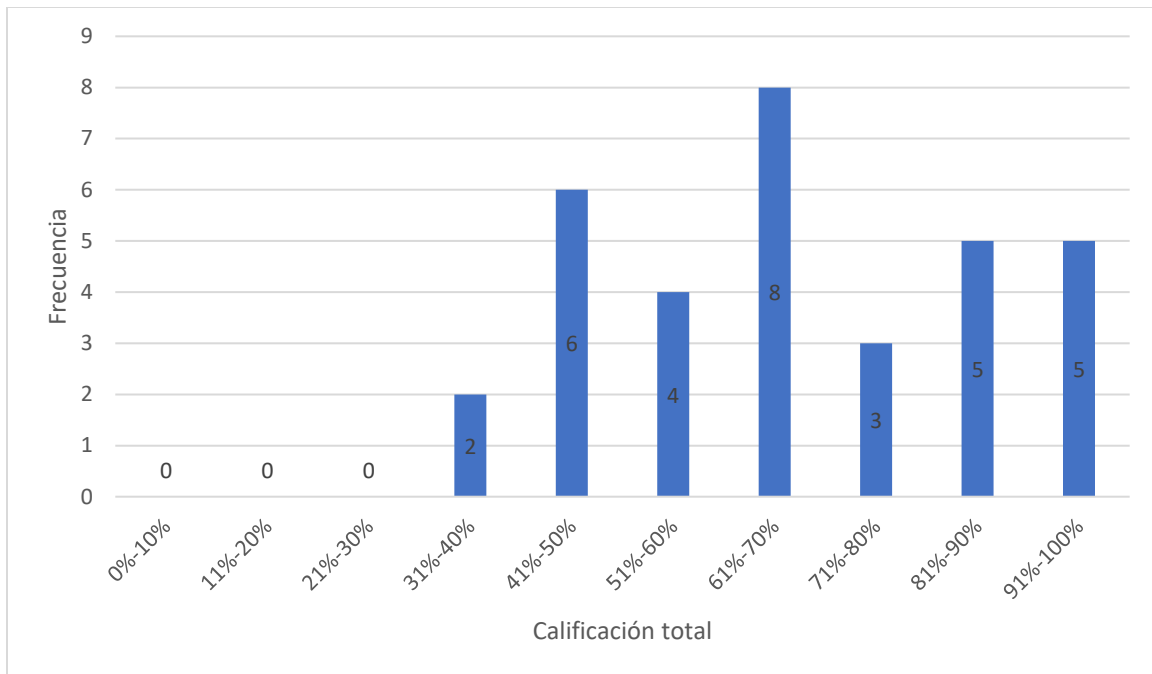


Ilustración 20 - Calificaciones totales de la Prueba de competencias relacionadas a DOE

Fuente: Elaboración Propia

Un 60.6% de la muestra de estudiantes obtuvo calificaciones menores a 71%, lo que significa que menos de la mitad de los sujetos estudiados resultaron excelentes o sobresalientes en la identificación de conceptos de DOE en casos reales.

Es importante mencionar que, analizando los resultados por periodo de clase, se observó que el periodo en el que se cursó la clase y las calificaciones de las pruebas no tenían relación alguna, lo que quiere decir que la metodología del curso se ha mantenido constante a través del tiempo, sin embargo, presenta oportunidades de mejora en la práctica.

Partiendo de estos resultados se prosiguió a la elaboración de un kit que representa la aplicación de Diseño de Experimentos en distintas áreas de la ciencia. A través de la revisión de literatura, se identificaron que las áreas con mayores aplicaciones de DOE son: Industria Alimentaria y Ciencias de Alimentos, Ciencias de la Salud, Industria Agrícola e Industria Aeroespacial, con el fin de fortalecer la experiencia práctica de los estudiantes aplicada a casos específicos de la industria para una mejor comprensión de conceptos y temas de la clase.

El kit contiene un Manual de Experimentos y las herramientas y materiales para la elaboración de todas las prácticas. El docente debe de haber leído el manual antes de realizar la actividad y puede enviarle la versión en digital (encontrada en el USB) a los estudiantes.

Como se observa a continuación, cada caso del manual tiene las partes de: introducción, objetivo, materiales y equipo, caso, procedimiento, criterios de medición, fichas y precauciones y cuidados de los materiales.

The image features a stylized profile of a human head in a light purple color, facing left. The head is set against a white background. To the left of the head, there is a dark green rectangular area with white polka dots. Below the head, there is a light green area with dark green starburst patterns. Several yellow wavy lines are scattered around the head, suggesting movement or thought. The title 'MANUAL DE EXPERIMENTOS' is written in large, bold, black capital letters inside the head's profile. Below the title, the subtitle 'APLICACIONES DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN ÁREAS DE LA CIENCIA' is written in smaller, bold, black capital letters.

MANUAL DE EXPERIMENTOS

**APLICACIONES DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN
ÁREAS DE LA CIENCIA**

Elaborado por: Ana Gabriela Sagastume Hernández



INTRODUCCIÓN

Esta guía de experimentos proporciona una forma eficiente y divertida de aplicar conceptos de Diseño de Experimentos para la resolución de problemas en las industria alimentaria, agrícola, aeroespacial y ciencias de la salud. Los experimentos están diseñados para simular las necesidades industriales y requieren generar datos reales para su posterior análisis. En cada experimento se pueden encontrar los materiales y equipo, enunciado de caso, procedimiento y criterios de medición, al igual que la estructura sugerida para los informes.



OBJETIVOS

- Representar los conceptos de Diseño de Experimentos en casos de estudio de ciertas áreas en la ciencia e industria.
- Elaborar experimentos a pequeña escala que representen a nivel industrial los conceptos de Diseño de Experimentos.
- Fortalecer la experiencia práctica de Diseño de Experimentos a través de la elaboración de distintos experimentos.



ESTE KIT CONTIENE

- Manual de experimentos
- Materiales para realizar cada experimento
 - Colador
 - Rallador
 - Bowl
 - Taza medidora
 - Cuchara medidora
 - Recipientes (plástico, vidrio, metal)
 - Lápiz
 - Papel
 - Listados de 20 sílabas
 - 6 maceteras pequeñas de plástico
 - 1 imán redondo
 - 5 imanes pequeños
 - Frijoles
 - Tierra
 - Regla o cinta métrica
 - Papel para imprimir
 - Clips
 - Tape
- USB con el Manual en digital , plantillas en Excel y fichas vacías.
- Copias de fichas en físico para cada caso.



CASO 1

THE SODA COMPANY

**INDUSTRIA ALIMENTARIA INGENIERÍA Y CIENCIAS DE
ALIMENTOS**



Aplicación de Diseño de Experimentos en la Industria Alimentaria Ingeniería y Ciencias de Alimentos – Experimentos de 3 factores

Introducción

El estudio de caso de The Soda Company proporciona una forma eficiente y divertida de aplicar conceptos de Diseño de Experimentos para la resolución de problemas en la industria alimentaria de producción de refrescos carbonatados o soda. El proyecto está diseñado para simular las necesidades industriales y requiere generar datos reales.

Objetivo

Analizar distintos factores tales como tipo de envase, sabor de soda y catador para determinar su efecto en el sabor y duración del gas en una gaseosa.

Materiales y equipo

Ginger Ale Artesanal

- 4 tazas de club soda o agua carbonatada (1 litro) *
- 4 cucharadas de agua *
- 4 cucharadas de jengibre, picado, pelado y rallado *
- 2 limones *
- 4 cucharadas de miel
- Colador
- Rallador
- Bowl
- Taza medidora/cuchara medidora
- Recipientes (plástico, vidrio, metal)

Ginger Ale Industrial

- 1 lata de Ginger Ale (lata) *
- 1 Ginger Ale (vidrio) *
- 1 Ginger Ale (envase de plástico) *

*Los materiales marcados con un asterisco no son incluidos en el kit por lo que deben ser comprados cada vez que se vaya a realizar la práctica.

Caso

The Soda Company es una compañía global dedicada a la producción de bebidas carbonatadas. Su objetivo es refrescar a todas las personas con su abanico de bebidas listas para tomar que incluye jugos, aguas y bebidas carbonatadas. Los productos de The Soda Company muestran un crecimiento constante a largo plazo y se consumen más de mil millones de veces al día en más de 150 países. Actualmente, The Soda Company está empezando a unirse al movimiento ambientalista, por lo que está buscando cambiar todos sus envases de plástico a unos de vidrio o metal. Sin embargo, la compañía necesita ver si el envase de vidrio o metal y otros factores, alteran las características de sabor, textura y tiempo en irse el gas de la bebida.

La compañía definió los factores a analizar como los siguientes.

- Envase (a tres niveles)
 - Plástico
 - Vidrio
 - Metal
- Estado (a dos niveles)
 - Agitado
 - Sin agitar
- Tipo de soda (a dos niveles)
 - Ginger Ale artesanal
 - Ginger Ale industrial

Por lo que se realizarán 12 combinaciones y tomar los datos correspondientes. El docente debe definir la cantidad de réplicas a realizar.

Procedimiento

- Porciones: 4 vasos
- Tiempo activo: 10 minutos
- Tiempo total: 1 hora

Elaboración de Ginger Ale Artesanal

Para elaborar el jarabe

1. Exprimir el jugo de los limones y agregar al bowl.
2. Agregar el jengibre rallado, la miel y el agua al bowl y mezclar todos los ingredientes juntos.
3. Una vez mezclados, verter la mezcla a través de un colador.

Para elaborar la gaseosa

1. Mezcle el jarabe con club soda o agua carbonatada. Ajustar al gusto.
2. Verter sobre hielo en cada uno de los recipientes (vidrio, plástico y lata), dejar enfriar y proseguir a degustar (ver criterios de medición).

Criterios de medición

Para poder realizar la medición para cada una de las muestras se toman en cuenta 2 tipos de características y criterios: sensoriales y tiempo.

Las características sensoriales a evaluar son las siguientes.

- Sabor en la boca: evaluado tomando sorbos del vaso de muestreo.
- Sensación en la boca/textura: evaluado al mismo tiempo que el sabor y tomando más sorbos de la taza de muestreo. Sensación de boca ligeramente aburrida. El líquido se siente ligeramente más espeso en la boca.
- Sabor luego de ingerido (aftertaste): Evaluado después de tragar, no se toman sorbos adicionales.

Para realizar la toma de datos se sugiere seguir el siguiente procedimiento.

1. Generar la matriz o la aleatorización en MiniTab o en MS Excel de todos los factores y sus niveles.
2. Verter la Ginger Ale correspondiente a lo generado en la aleatorización y tomar el tiempo que tarda en desaparecer el gas (momento en el que se dejan de apreciar burbujas en su superficie) utilizando un cronómetro. Anotar el tiempo que tarda en desaparecer el gas.
3. Utilizando la ficha X evaluar cada una de las muestras según los criterios establecidos en la ficha.
4. Ingresar todos los datos recopilados a MiniTab y analizar. Los resultados se deben analizar y presentar en dos secciones: una referente a las características sensoriales y otra al tiempo que tarda en desaparecer el gas.

Fichas

Ficha de evaluación sensorial



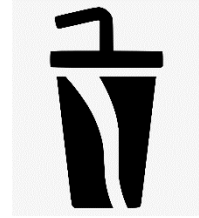
Muestra: _____ Evaluado por: _____

Pruebe la muestra. Marque la casilla si el descriptor está presente.

Apariencia	Sabor luego de ingerido (aftertaste)
<input type="checkbox"/> Líquido muy fuerte de color naranja/verde	<input type="checkbox"/> Cítricos moderados
<input type="checkbox"/> Brillante	<input type="checkbox"/> Moderadamente ácido
<input type="checkbox"/> Claro	<input type="checkbox"/> Ligeramente dulce
<input type="checkbox"/> Poco denso (como agua)	<input type="checkbox"/> Moderadamente seco
<input type="checkbox"/> No deja residuos al revolver	Si hay descriptores adicionales o si alguno de los descriptores enumerados aquí no está presente, consulte a su gerente.
<input type="checkbox"/> Se observan burbujas	
Aroma	
<input type="checkbox"/> Limón moderado	
<input type="checkbox"/> Jengibre moderado	
<input type="checkbox"/> Ligero residuo de miel	

Ficha de evaluación sensorial

Calificación de diferencia



Muestra: _____ Evaluado por: _____

Pruebe la muestra. Califique usando la escala inferior. Marque con una X.

Sabor jengibre/limón en la boca

Para nada fuerte (0)	A penas detectable (1)	Ligeramente fuerte (2)	Ligeramente/ Moderadamente fuerte (3)	Moderadamente fuerte (4)	Fuerte (5)	Fuerte/muy fuerte (6)	Muy fuerte (7)	Extremadamente fuerte (8)

Sensación en la boca/textura áspera

Para nada fuerte (0)	A penas detectable (1)	Ligeramente fuerte (2)	Ligeramente/ Moderadamente fuerte (3)	Moderadamente fuerte (4)	Fuerte (5)	Fuerte/muy fuerte (6)	Muy fuerte (7)	Extremadamente fuerte (8)

Sabor luego de ingerido (aftertaste) dulce

Para nada dulce (0)	A penas detectable (1)	Ligeramente dulce (2)	Ligeramente/ Moderadamente dulce (3)	Moderadamente dulce (4)	Dulce (5)	Dulce/muy dulce (6)	Muy dulce (7)	Extremadamente dulce (8)

Precauciones y cuidado de los materiales

- Mantener a temperatura ambiente.
- Tratar con cuidado, algunos de los materiales son frágiles.
- Limpiar y secar todos los materiales después de su uso.



**CASO 2
ESTRÉS Y
MEMORIA
MAYU CLINIC**

CIENCIAS DE LA SALUD



ESTRÉS Y MEMORIA MAYU CLINIC

Aplicación de Diseño de Experimentos en las Ciencias de la Salud – Experimentos de 2 factores

Introducción

El estudio de caso de Estrés y Memoria Mayu Clinic proporciona una forma eficiente y divertida de aplicar conceptos de Diseño de Experimentos para la resolución de problemas en las Ciencias de la Salud. El proyecto está diseñado para simular las necesidades industriales y requiere generar datos reales.

Objetivo

Determinar si el estrés inducido afecta la tasa de olvido de los participantes y si el sexo de los participantes tiene relación alguna con los resultados.

Materiales y equipo

- 8 personas estudiantes de la Universidad ajenos a los compañeros de la clase (4 mujeres y 4 hombres)
- Listado de 20 sílabas sin sentido
- Celular o cámara
- Mesa
- Lápiz
- Papel

Caso

Los doctores de Mayu Clinic quieren investigar si el estrés psicológico inducido juega un papel en la memoria, por lo que llevarán a cabo un experimento con 8 sujetos. Su hipótesis es que habrá una diferencia significativa entre la tasa de olvido del grupo experimental (participantes inducidos a estrés) y la tasa de olvido del grupo de control (participantes bajo ninguna condición de estrés). También, quieren determinar si hay una relación entre el sexo del sujeto y la tasa de olvido. Los doctores (usted y su grupo) deben llenar la ficha encontrada más adelante (sección fichas) para llevar a cabo el experimento.

Procedimiento

1. Llenar la ficha encontrada en la sección titulada Fichas.
2. Únicamente para el grupo experimental: ordenar y preparar el espacio donde se llevará a cabo el experimento conforme a lo establecido en el Trier Social Stress Test (ver fichas).
3. Únicamente para el grupo experimental: dar las instrucciones al sujeto estudiado de manera que realmente creen que están siendo grabados para análisis previo y el inductor de estrés realmente funcione.
4. Para el grupo de control: debe de haber únicamente una persona en el espacio y el sujeto.
5. Para ambos grupos: entregarle al sujeto el listado de 20 sílabas sin sentido y darle 10 minutos para que se memorice las sílabas.
6. Para ambos grupos: después de 10 minutos, pedirle al sujeto que recite las palabras. El sujeto tiene 5 minutos para decir las 20 palabras.
7. Contar el número de sílabas sin sentido olvidadas y anotar.
8. Dar al sujeto una pausa de 5 minutos.
9. Después de 5 minutos, pedirle al sujeto que recite las palabras. El sujeto tiene 5 minutos para decir las 20 palabras.
10. Contar el número de sílabas sin sentido olvidadas y anotar.
11. Analizar los resultados utilizando MiniTab y definir si la hipótesis se acepta o rechaza y si el sexo de los participantes tiene relación con los resultados.

Criterios de medición

- Separar los datos recolectados en dos categorías: grupo experimental y grupo de control.
- Tomar ambos datos de memoria a corto plazo y a largo plazo.
- En la sección de fichas se encuentra sugerido el formato de cómo se deberían de tomar los datos.

Fichas

Diseño experimental Mayu Clinic



Experimento: Estrés inducido y su efecto en la tasa de olvido de los estudiantes

Hipótesis

--

Variables


Variable independiente	
Variable dependiente	Tasa de olvido (Número de sílabas sin sentido olvidadas de 20 sílabas sin sentido)

Participantes

Sexo	Nombre	Edad	Grupo de control o experimental
M			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E
M			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E
M			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E
M			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E
F			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E
F			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E
F			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E
F			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E

Listado de sílabas sin sentido



Test utilizado para inducción de estrés	Trier Social Stress Test (TSST)
Definición/cómo realizarlo	<p>Como se indica en las imágenes inferiores, utilizar una cámara para grabar al participante y colocar a dos o tres personas enfrente de él que tomen nota.</p> 

Condición	Memorización	Inmediato	Pausa	Final
Experimental	Memorizar por 10 minutos	5 minutos para decir todas las palabras	5 minutos	5 minutos para decir todas las palabras con estrés
Control	Memorizar por 10 minutos	5 minutos para decir todas las palabras	5 minutos	5 minutos para decir todas las palabras sin estrés

Resultados



Sexo	Nombre	Edad	Grupo de control o grupo experimental	Número de sílabas sin sentido olvidadas 1 vez (corto plazo)	Número de sílabas sin sentido olvidadas (largo plazo)
M			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E		
M			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E		
M			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E		
M			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E		
F			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E		
F			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E		
F			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E		
F			<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E		

Precauciones y cuidado de los materiales

- Ningún participante puede haber visto antes el listado de 20 sílabas.
- El listado de 20 sílabas se puede modificar siempre y cuando estas sean sin sentido. Si se modifican, se debe modificar de igual forma en la ficha del experimento. El kit contiene 2 listados de sílabas para que el investigador pueda seleccionar cuál usar.
- La cámara debe estar grabando durante con el grupo experimental durante todo el experimento.
- No debe haber pausas ni interrupciones en el experimento.



CASO 3
BARNEY'S FARM

INDUSTRIA AGRÍCOLA



BARNEY'S FARM

Aplicación de Diseño de Experimentos en la Industria Agrícola – Experimentos de 1 factor

Introducción

El estudio de caso de Barney's Farm proporciona una forma eficiente y divertida de aplicar conceptos de Diseño de Experimentos para la resolución de problemas en la industria agrícola de cultivo, producción y empaque de fresas.

Objetivo

Determinar si las semillas germinan más rápido, las plantas crecen más rápido y más fuerte en presencia de campo magnético en el suelo.

Materiales y equipo

- 6 contenedores de plástico
- 1 imán fuerte redondo
- Imanes fuertes pequeños
- Tierra idéntica para los 6 contenedores
- 6 semillas idénticas
- Agua *
- Pichel *
- Regla o una cinta métrica

*Los materiales marcados con un asterisco no son incluidos en el kit por lo que deben ser comprados cada vez que se vaya a realizar la práctica.

Caso

La empresa Barney's Farm se dedica al cultivo, producción, empaque y distribución de plantas a varias cadenas de supermercados alrededor del país. Los gerentes de producción y calidad han determinado que su producción no está cumpliendo con la demanda y las plantas están creciendo muy lento. Como la empresa desea aumentar su capacidad, está buscando una forma de apresurar el proceso de crecimiento de las plantas. Los ingenieros investigaron y descubrieron que un método para aligerar el crecimiento es el uso de magnetos dentro de las maceteras, por lo que desean hacer las pruebas para comprobar si esta hipótesis es verdadera.

La compañía definió los factores a analizar como los siguientes.

- Tratamiento (a tres niveles)
 - Con magneto redondo
 - Con magnetos pequeños
 - Sin magneto

Procedimiento

1. Rotular los contenedores como A, B y C. El contenedor C se usará como control para el experimento.
2. Llenar los contenedores con exactamente la misma cantidad de tierra.
3. En el centro del contenedor A colocar un magneto redondo permanente y cubrirlo con un poco más de tierra.
4. Adentro, alrededor del contenedor B, insertar múltiples barras magnéticas (imanes), preferiblemente con la misma polaridad.
5. Plantar 1 semilla en cada uno de los contenedores.
6. Regar todos los contenedores con la misma cantidad de agua y colocarlos en un mismo lugar.
7. En el día 3, 4 y 5, tomar los datos de la altura de la planta y demás criterios mencionados en las fichas y en los criterios de medición.

Nota: para fines educativos, realizar 2 réplicas, sin embargo, si se quieren obtener resultados más reales, se sugiere realizar más réplicas.

Criterios de medición

Para poder realizar la medición para cada una de las muestras se recomienda que los datos de altura de las plantas se tome en el día 3, 4 y 5. Se sugiere que los resultados se anoten en una ficha como la mencionada a continuación.

Fichas

	Descripción	Día 3		Día 4		Día 5	
		¿Hay crecimiento visible?	Altura (cm)	¿Hay crecimiento visible?	Altura (cm)	¿Hay crecimiento visible?	Altura (cm)
Contenedor							
A1							
A2							
B1							
B2							
C1							
C2							

Precauciones y cuidado de los materiales

- Mantener la tierra en una bolsa totalmente sellada.
- Mantener las semillas en una bolsa totalmente sellada.
- Limpiar el equipo después de su uso.
- Evitar el uso de imanes en entornos inflamables o explosivos.



CASO 4
THE HELICOPTER
EXPERIMENT

INDUSTRIA AEROESPACIAL



THE HELICOPTER EXPERIMENT

Aplicación de Diseño de Experimentos en la Industria Aeroespacial – Experimentos de múltiples factores y regresión lineal

Introducción

The Helicopter Experiment proporciona una forma eficiente y divertida de aprender material relevante de Diseño de Experimentos. Al completar el experimento, se familiarizará con los conceptos fundamentales de la planificación experimental y obtendrá conocimiento de la teoría detrás de los diseños factoriales fraccionales de dos niveles. En la fábrica CHC de helicópteros de papel, puede personalizar el diseño del helicóptero para que se ajuste a sus necesidades estableciendo valores de niveles de factores y otros parámetros.

Objetivo

Planificar, ejecutar, analizar y documentar uno o más experimentos factoriales con el objetivo de mejorar la construcción del helicóptero CHC para prolongar el tiempo de vuelo.

Materiales y equipo

- Patrones de helicópteros
- Clips
- Tape
- Cronómetro o reloj

Caso

“ Los clientes de CHC (Cellulose Helicopter Company) se han quejado del tiempo limitado de vuelo de los helicópteros CHC. Se forma un equipo de ingenieros, pilotos, gerentes y representantes de campo de CHC para estudiar cómo se puede modificar el diseño estándar del helicóptero CHC para prolongar el tiempo de vuelo sin deteriorar la estabilidad y la capacidad de vuelo.

Se propone una gran cantidad de factores que pueden afectar el tiempo de vuelo durante una sesión de lluvia de ideas, y la lista finalmente se limita a 8 factores que se estudiarán a través de un experimento factorial. Los ocho factores y sus niveles respetados sugeridos por el equipo se son:

- Factores

- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| 1. Material | 5. Clips de papel |
| 2. Longitud de ala | 6. Alas dobladas |
| 3. Longitud de cuerpo | 7. Cuerpo asegurado con tape |
| 4. Ancho de cuerpo | 8. Alas aseguradas con tape |

- Parámetros

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| 9. Ancho de ala | 13. Capas de cuerpo |
| 10. Altura de mitad de cuerpo | 14. Grosor del tape |
| 11. Desplazamiento de pliegue | 15. Dirección de giro |
| 12. Inclinação de pliegue | 16. Etiquetas |

La tarea es planificar, ejecutar, analizar y documentar uno o más experimentos factoriales con el objetivo de mejorar la construcción del helicóptero CHC para prolongar el tiempo de vuelo.

Desafortunadamente, CHC tiene un presupuesto corto (acaban de invertir \$ 10 millones en una nueva planta piloto) y no tiene recursos para más de un total de 25 corridas experimentales” (The Paper Helicopter Experiment, s. f.).

Procedimiento

1. Ingresar a <https://www.paperhelicopterexperiment.com/design-and-assembly.php>, leer y entender el modelo de los helicópteros.
2. En la misma página web, ingresar a la pestaña titulada "Patterns". Modificar y personalizar la matriz según su preferencia. El docente debe indicar qué factores se tomarán como los variables y cuáles no cambiarán a lo largo del experimento.
3. Imprimir el PDF con los patrones de papel del helicóptero.
4. Cortar y doblar como se indica en la página web.
5. Agregar un clip como se menciona en las instrucciones de la página web.
6. Lanzar el helicóptero de una misma altura por 25 corridas.
7. Analizar el tiempo de vuelo utilizando MiniTab.

Criterios de medición

- Se recomienda que se utilice el mismo tipo de papel proporcionado en el kit al momento de imprimir el modelo.
- Todos los lanzamientos deben ser realizados en la misma altura.
- Se puede tomar como factor adicional la mano de obra si el docente lo considera necesario.
- El tiempo del cronómetro o reloj empieza a correr una vez que se suelta y termina una vez que el helicóptero toca el suelo.

Fichas

<https://www.paperhelicopterexperiment.com/patterns.php>

Precauciones y cuidado de los materiales

- Una vez que el experimento sea realizado, no se puede reciclar el papel debido a que esto influiría en el tiempo de vuelo del helicóptero.
- Una vez que se haya concluido el experimento, reutilizar los clips.

ESTRUCTURA DEL REPORTE

Se recomienda que el informe de resultados contenga como mínimo las siguientes secciones.

- Definición del nombre para el Experimento
- Descripción del problema o situación
- Tipo de medición de Éxito del proyecto
- Cómo se va a medir
- Definición del objetivo que se persigue
- Esquema del estudio donde se señale el problema planteado
- Definición de variable/s de salida
- Descripción de cómo se realizará el experimento
- Planteamiento de hipótesis
- Análisis de los resultados utilizando MiniTab
- Conclusiones



APLICACIONES

Este manual puede ser utilizado para la aplicación de distintos temas de Diseño de Experimentos.

Entre los temas se encuentran los siguientes.

- Planteamiento de hipótesis
- Definición de variables
- ANOVA
- Intervalos de confianza
- Diseño factorial de dos niveles
- Diseño factorial de tres niveles
- Tratamientos
- Pruebas Tukey
- Modelos estadísticos
- Diseño en cuadro latino
- Diseño en cuadro grecolatino
- Regresión lineal
- Control de calidad sensorial
- Y otros



BIBLIOGRAFÍA

- Allen, A. P., Kennedy, P. J., Dockray, S., Cryan, J. F., Dinan, T. G., & Clarke, G. (2016). The Trier Social Stress Test: Principles and practice. *Neurobiology of Stress*, 6, 113-126.
<https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2016.11.001>
- Box, G. (1991). *Teaching Engineers Experimental Design with a Paper Helicopter*.
<https://williamghunter.net/george-box-articles/teaching-engineers-experimental-design-with-a-paper-helicopter>
- Davis, B., & Michele, S. (2015). Applying Dale's Cone of Experience to increase learning and retention: A study of student learning in a foundational leadership course. *QScience Proceedings (Engineering Leaders Conference 2014)*, 6.
<dx.doi.org/10.5339/qproc.2015.elc2014.6>
- De la Torre, F. (2005). *12 lecciones de pedagogía, educación y didáctica* (1.^a ed.). Ediciones Alfaomega.
- Durakovic, B. (2018). Design of Experiments Application, Concepts, Examples: State of the Art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5(3), 421-439.
- Edel Navarro, R. (2003). El rendimiento académico: Concepto, investigación y desarrollo. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 1(2), 10.
- Ferré, J., & Rius, X. (s. f.). *Introducción al Diseño estadístico de experimentos*. 1-2.

- Hernández, C., Jiménez, M., & Sánchez, S. (2015). El rendimiento académico en universitarios, una revisión teórica a las variables internas y externas. *Editorial Centro de estudios e investigaciones para el desarrollo docente. Cenid AC.*
https://www.researchgate.net/publication/279517164_EL_RENDIMIENTO_ACADEMICO_EN_UNIVERSITARIOS_UNA_REVISION_TEORICA_A_LAS_VARIABLES_INTERNAS_Y_EXTERNAS
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw Hill.
- Ho, P. (2017). *Sensory Methods For Quality Control II Program.*
- Homemade Ginger Ale—I Am Homesteader.* (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2020, de <https://iamhomesteader.com/homemade-ginger-ale/>
- Ilzarbe Izquierdo, L., Tanco, M., Viles, E., & Álvarez Sánchez-Arjona, M. J. (2007). *El diseño de experimentos como herramienta para la mejora de los procesos. Aplicación de la metodología al caso de una catapulta.* 10(20), 127-138.
- iMotions. (2017). *Experimental Design: The Complete Pocket Guide.* www.imotions.com
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396-403.
- Llauradó, O. (2014). *La escala de Likert: Qué es y cómo utilizarla.* Netquest.
<https://www.netquest.com/blog/es/la-escala-de-likert-que-es-y-como-utilizarla>
- López Aguado, M., & López Alonso, A. I. (2019). Los enfoques de aprendizaje. *Revista Colombiana de Educación*, 46, 133-134.

- Mejía Bernal, I. L., & Álvarez Pardo, S. (2012). *Modelo de Dirección para la Aplicación de Six Sigma*.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/88/A8.pdf>
- Minerva Torres, C. (2002). El juego: Una estrategia importante. *Educere: La Revista Venezolana de Educación*, 6(19), 289-296.
- Monroy Cornejo, S. H. (2009). El Estudio De Caso: ¿Método o Técnica de Investigación? *Revista de la Asociación Mexicana de Metodología de Ciencia y de la Investigación*, 1(1).
- Montero, B. (2017). Aplicación de juegos didácticos como metodología de enseñanza: Una Revisión de la Literatura. *Revista de Investigación G.I.E Pensamiento Matemático*, 7(1), 75-92.
- Montgomery, D. (2005). *Design and Analysis of Experiments* (8.^a ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Osorio-Angarita, M. A., & Suárez-Parra, A. B. (2013). Importancia de la probabilidad y la estadística en la formación del Ingeniero. *I13: Investigación, innovación e ingeniería. Universidad de Boyacá, Colombia*, 26-37.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2016). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232.
- Pareno, P. (2016). Why the Catapult is a Poor Teaching Tool for Design of Experiments. *Perry's Solutions, Inc.*
<https://www.perrysolutions.com/publications/Why%20the%20Catapult%20is%20a%20poor%20teaching%20tool%20for%20DOE%20-%20Perrys%20Solutions.pdf>

Pérez Rave, J. I. (2011). El avión de la muda: Herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje práctico de la manufactura esbelta. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 58, 173-182.

PSYMA. (2015, noviembre 4). *¿Cómo determinar el tamaño de una muestra? ¿Cómo determinar el tamaño de una muestra?* <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>

Rodríguez Lago, G. (2016). *Desarrollo de un juego didáctico para aprendizaje de Herramientas Lean* [Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/19408/TFM-P-490.pdf;jsessionid=141D4807D4D520A4C26DB7E6B0170C89?sequence=1>

Saavedra Serrano, M. (2018). Aprendizaje Cooperativo basado en la Investigación en la Educación Superior. *Revista de Docencia Universitaria Universidad Europea de Madrid*, 16(1), 235-250.

See what happens to plants when you place a magnet in a pod? (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2020, de <https://www.youtube.com/watch?v=3jlpQz4EKBs>

Tamanna, F. H. (2018). *The Effect of Psychological Stress on Forgetting*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/326460412_The_Effect_of_Psychological_Stress_on_Forgetting

The Paper Helicopter Experiment. (s. f.). The Paper Helicopter Experiment Project. <https://www.paperhelicopterexperiment.com>

TRABAJO 34 *¿Cuánto tarda en irse el gas en un refresco de cola?* (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2020, de

<http://www.etsii.upm.es/ingor/estadistica/pagweb/indice/webtemas/tdiseno.html/TRABAJO%2034%20gas%20en%20los%20refrescos%20de%20cola.htm>

Worthpoint. (s. f.). *NCMR SIX SIGMA CATAPULT TRAINING TOOLS 2 COMPLETE SETS*. Worthpoint.
<https://www.worthpoint.com/worthopedia/ncmr-six-sigma-catapult-training-84789831>

Yin, R. (2008). *Case Study Research Design and Methods* (4.^a ed., Vol. 5). SAGE Publications.
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1742025/mod_resource/content/1/How%20to%20know%20whether%20and%20when%20to%20use%20the%20case%20study%20as%20a%20reaserach%20method.pdf

5.3 VERIFICACIÓN DEL KIT

Una vez desarrollado el kit, se procedió a la validación de este. Para ello se realizaron 2 encuestas utilizando la escala de Likert para medir la satisfacción de los estudiantes con respecto a las actividades del nuevo kit tomando en cuenta factores como aplicabilidad al mundo real (industria), aplicación de la teoría de Diseño de Experimentos a la práctica y nivel de aplicabilidad en la clase (anexo 3). También, se aplicaron encuestas similares a los 2 docentes que imparten la clase de Diseño de Experimentos y Metodología Seis Sigma (anexo 4). Se analizaron los resultados con el fin de determinar la satisfacción y alcance del objetivo del kit para poder confirmar si el kit es efectivo o no.

Los resultados representan la encuesta contestada por los 33 estudiantes y los 2 docentes, como se observa en la ilustración 21.

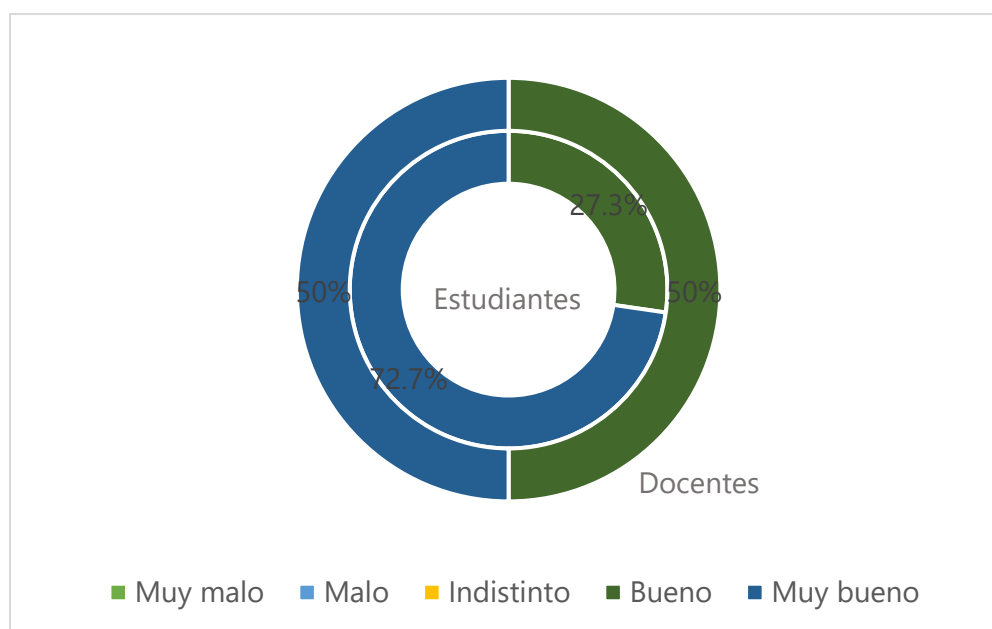


Ilustración 21 - Opinión general sobre el Kit de Experimentos

Fuente: Elaboración Propia

El 72.7% de los estudiantes opinaron que el Kit de Experimentos, en términos generales, es muy bueno y el restante 27.3% opinaron que es bueno. De igual forma, como se observa en el exterior del gráfico, 50% de los docentes opinaron que es muy bueno y el restante 50% que es bueno. Sin embargo, se consideró que era una opinión muy general, por lo que se prosiguió a desglosar la

opinión de los estudiantes y docentes en términos de atractivo, completitud y aplicabilidad del kit, como se observa en la ilustración 22.

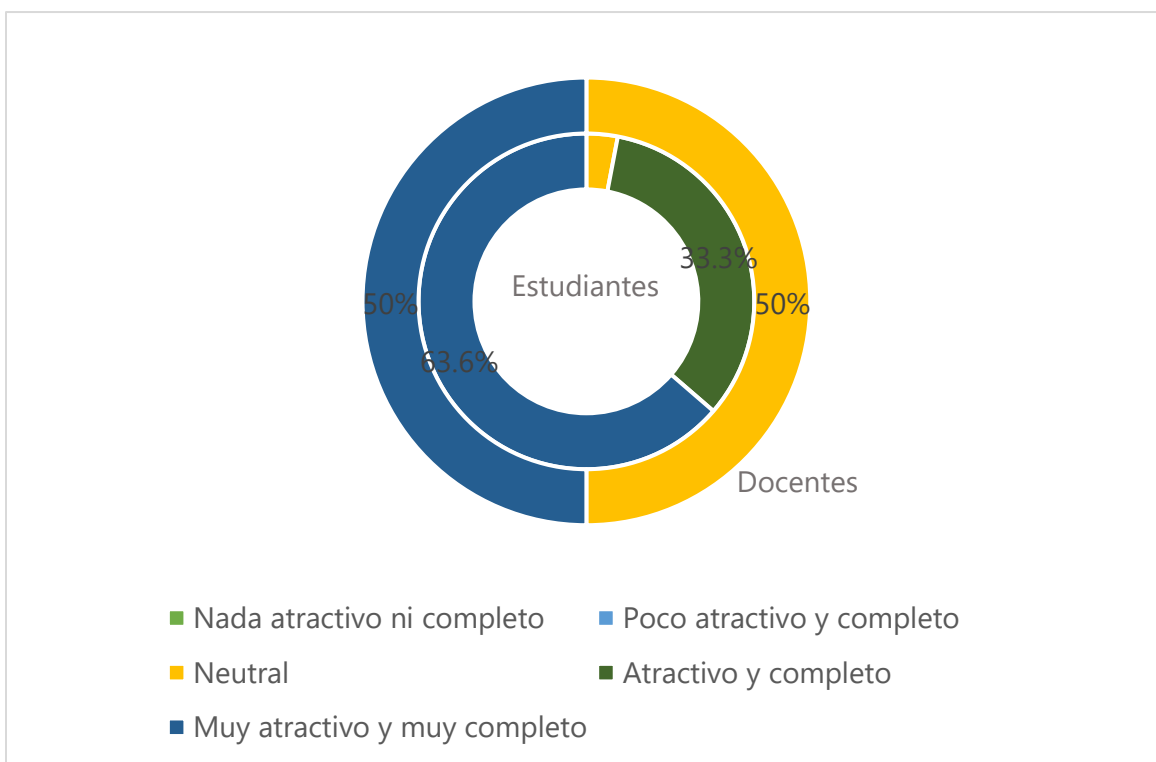


Ilustración 22 - Nivel de atractivo y contenido del Kit según estudiantes y docentes

Fuente: Elaboración Propia

El 96.9% de los estudiantes consideran que el kit es de atractivo y completo a muy atractivo y muy completo. Por otro lado, 50% de los docentes opinaron que el kit es muy atractivo y muy completo y el restante 50% lo consideraron como neutral. Los mejores resultados se deben a que las personas piensan que los experimentos de la práctica son atractivos y el contenido completo del mismo kit: manual, materiales y herramientas, fichas y otros. El docente que lo consideró como neutral opinó que para mejorar su contenido podría definirse la aplicabilidad de conceptos, no de forma general, sino para cada experimento.

Otro criterio que se tomó en cuenta para el nivel de satisfacción y opinión sobre el Kit de Experimentos fue el contenido de los casos y qué tanto representaban los conceptos de Diseño de Experimentos de manera práctica en áreas de la ciencia e Industria. En la ilustración 23 de la siguiente página se observan los resultados para este criterio en específico.

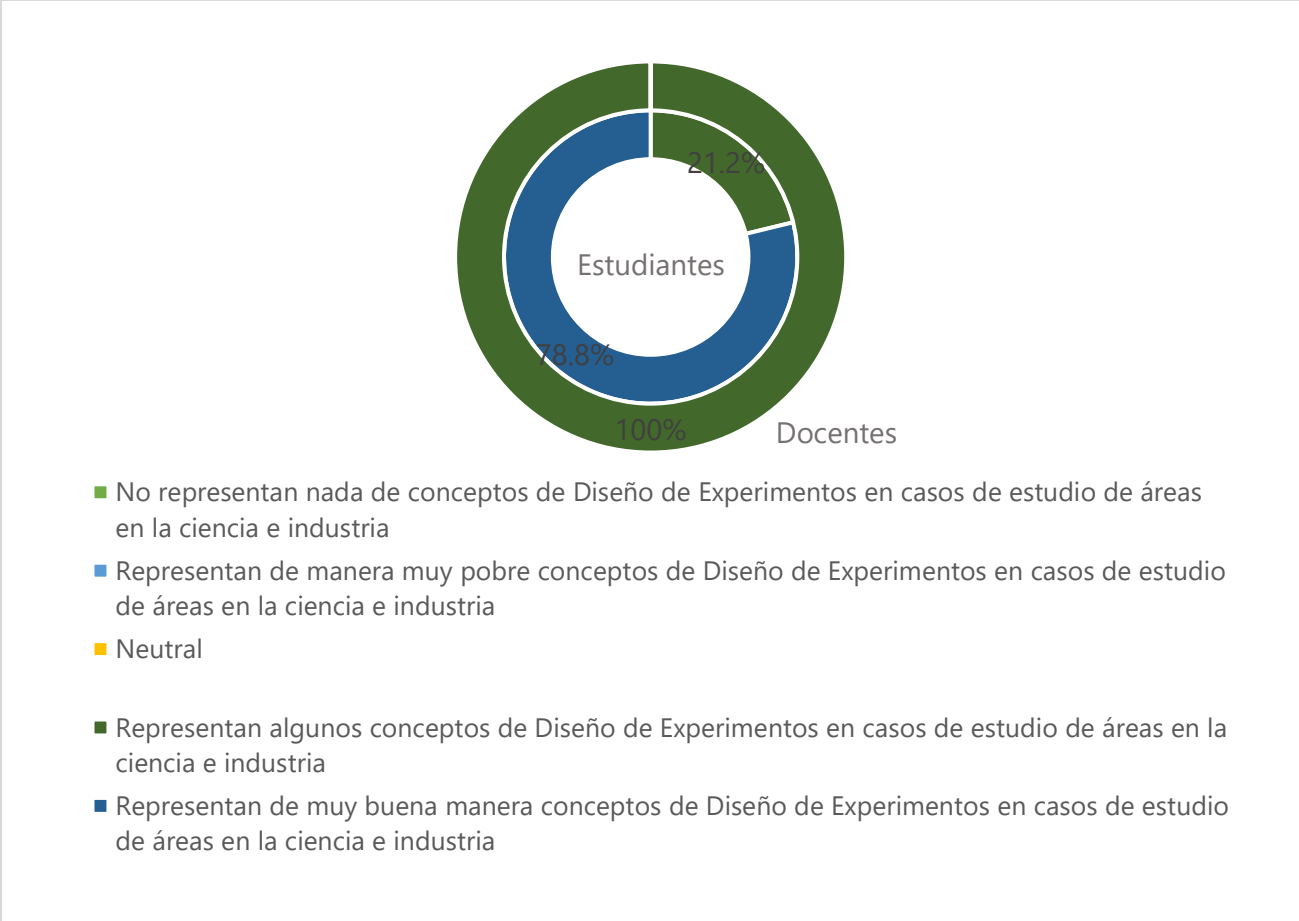


Ilustración 23 - Opinión sobre los casos del Kit

Fuente: Elaboración Propia

El 78.8% de los estudiantes consideran que los casos encontrados en el Kit de Experimentos representan de muy buena manera conceptos de Diseño de Experimentos en casos de estudio de áreas en la ciencia e industria. Sin embargo, el 100% de los docentes opinan que los casos encontrados en el kit representan algunos conceptos de Diseño de Experimentos en áreas de la ciencia e industria. Esto último debido a que hay áreas que aplican a mayor escala conceptos de DOE que no fueron incluidas en el manual. Los resultados generales de esta pregunta fueron positivos, por lo que realizar una o varias prácticas de este mismo les podría ofrecer una visión más amplia de Diseño de Experimentos en la vida cotidiana.

De igual forma, utilizando una puntuación del 1 al 5, los estudiantes y docentes determinaron qué tan realizables consideraban los experimentos contenidos en el kit. En la ilustración 24 de la siguiente página, se observan los resultados.

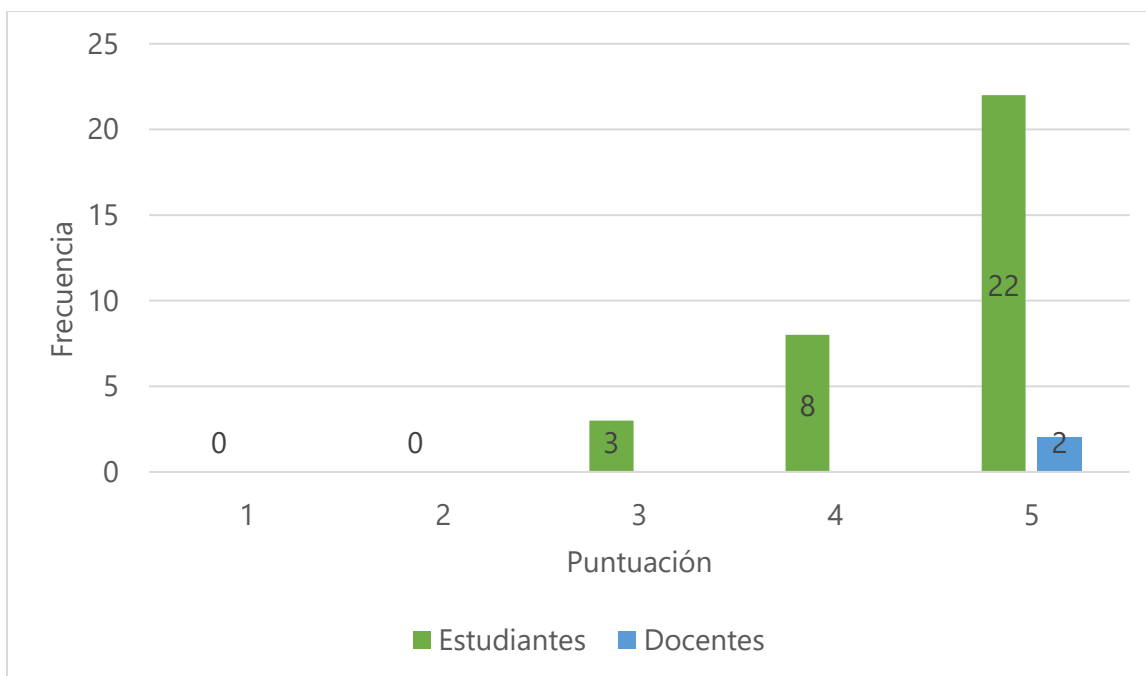


Ilustración 24 - Nivel de realización de los experimentos del Kit

Fuente: Elaboración Propia

33.3% de los estudiantes encuestados otorgaron puntuaciones de 3 y 4, lo que equivale a 11 de los 33 estudiantes. Esto debido es debido a que a pesar de que el kit contiene las herramientas y mayoría de materiales, contiene aquellos que tienen fecha de caducidad o que su manejo es muy delicado, por lo que el estudiante debería de adquirirlos por su cuenta o realizar una orden de compra de materiales a la Facultad correspondiente, dependiendo del experimento que se desea realizar. Un 66.7% restante asignó la puntuación más alta de 5, al igual que el 100% de los docentes, lo que quiere decir que consideran que todos los experimentos del kit son realizables, aunque no todos los ingredientes de una de las prácticas estén incluidos.

Una de las preguntas con mayor peso de la encuesta fue que si se utilizara el kit para la clase de Diseño de Experimentos o Metodología Seis Sigma, según corresponda, ofrecería una visión más amplia de los campos de aplicación de Diseño de Experimentos. Los resultados se pueden observar en la ilustración 25 de la próxima página.



Ilustración 25 - Opinión sobre la visión obtenida por el Kit

Fuente: Elaboración Propia

Para la pregunta: ¿Considera que, si se utilizara este kit para la clase de Diseño de Experimentos, ofrecería una visión más amplia de los campos de aplicación de DOE? Un 76% de los estudiantes y el 100% de los docentes aseguran que sí se tendría una visión más amplia de los campos de aplicación de Diseño de Experimentos. Los resultados indican que el kit podría ser una manera efectiva de complementar la práctica de la clase y una forma de aplicar los conceptos de DOE a un caso práctico de la ciencia o industria.

Referente al nivel personal de aplicabilidad de conceptos de Diseño de Experimentos, se les preguntó a los estudiantes que, si se utilizara este Kit para la clase de Diseño de Experimentos, podrían aplicar los conceptos básicos de DOE a un problema de la vida real/industria. Los docentes contestaron la misma pregunta orientada a que si consideran que sus alumnos podrían aplicar los conceptos de DOE a un problema de la vida real después de utilizar el kit. Los resultados para esta pregunta se encuentran en la ilustración 26 de la siguiente página.

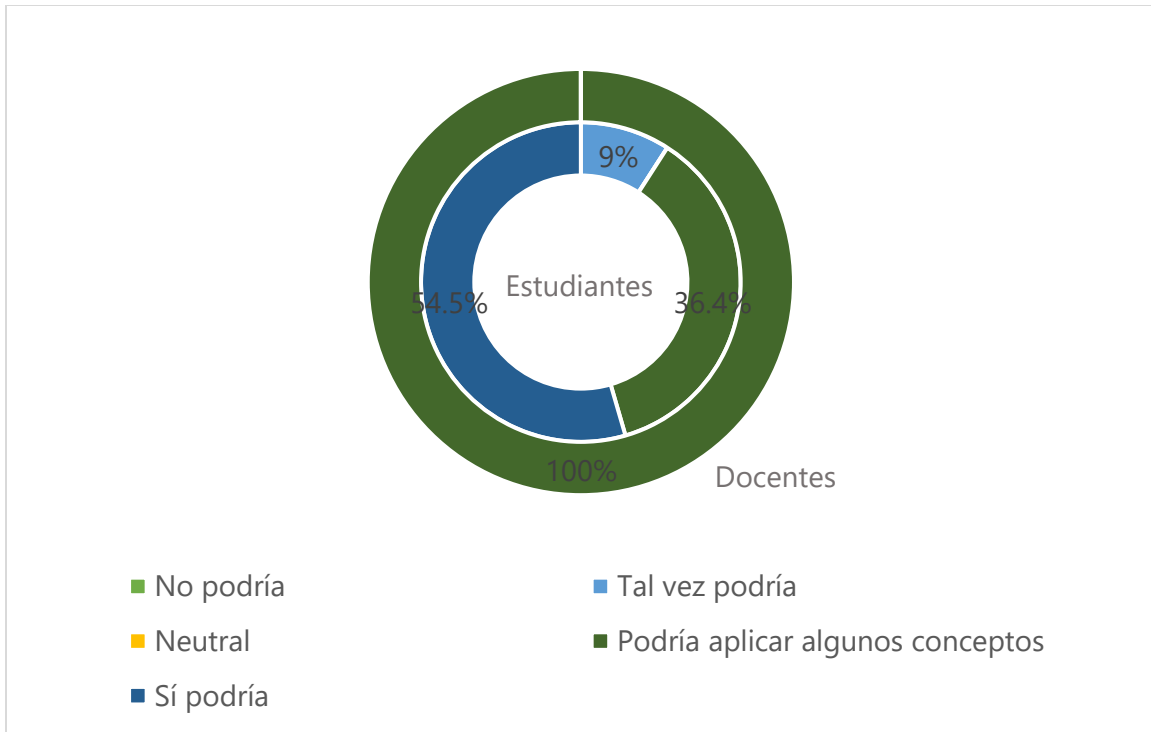


Ilustración 26 - Aplicación de conceptos básicos de DOE utilizando el Kit

Fuente: Elaboración Propia

El 54.5% de los estudiantes encuestados consideran que, una vez utilizado el kit, podrían aplicar los conceptos básicos de Diseño de Experimentos a un problema de la vida real/industria. Un 45.4% restante de los estudiantes y el 100% de los docentes opinaron que tal vez podría aplicar los conceptos o algunos de ellos. Para mejorar los resultados, una opción sería agregar experimentos de 3 o más factores u otros temas que actualmente no contiene el kit para que englobe más contenidos y prepare de mejor manera a los estudiantes al momento de aplicar conceptos de DOE a la vida real.

Los resultados de la última pregunta de la encuesta para estudiantes y docentes se observan en la ilustración 27 de la siguiente página. Esta pregunta se encuentra orientada a que si consideran que el kit desarrollado podría ser una buena alternativa para enriquecer la experiencia práctica de la clase de Diseño de Experimentos

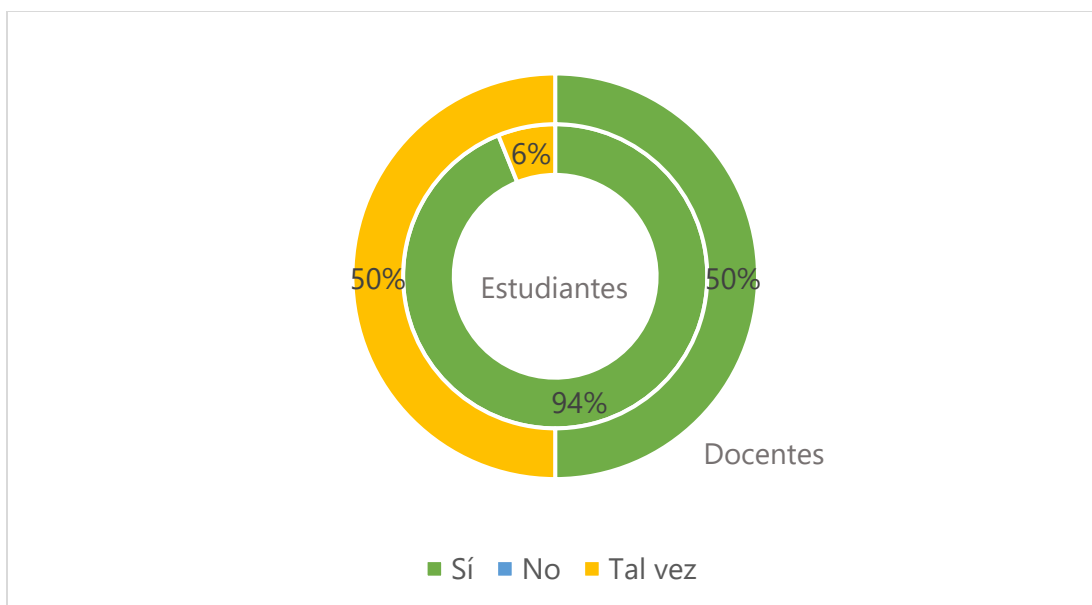


Ilustración 27 - Opinión del Kit como alternativa para enriquecer la práctica de la clase de DOE

Fuente: Elaboración Propia

94% de los estudiantes y 50% de los docentes (es decir, 1 de 2 docentes) opinaron que el Kit de Experimentos de Aplicaciones de DOE en áreas de la Ciencia sería una buena alternativa para enriquecer la experiencia práctica de la clase. El restante 50% de los docentes opinó que tal vez enriquecería la práctica de la clase de DOE.

Por último, en la encuesta de docentes se agregó una sección abierta de comentarios y sugerencias donde los docentes escribieron lo siguiente:

- Me encantaría contar con su autorización para utilizar este manual en la clase de DDE.
- Podría definirse la aplicabilidad de conceptos, no de forma general sino para cada experimento.

Por otro lado, El kit sería un buen complemento, haciendo énfasis en que no se busca la eliminación de las prácticas actuales llevadas a cabo en la clase. El kit es una buena opción para la aplicación de conceptos básicos de Diseño de Experimentos y para fortalecer la experiencia práctica de estudiantes mediante el uso de herramientas didácticas por la aplicación de múltiples conceptos y contenidos en todos los experimentos.

VI. CONCLUSIONES

1. La práctica actual de la herramienta kit de catapulta NCMR fue mejorada a través de la creación de un complemento compuesto de un kit que contiene un cajón plegable, en su interior este tiene talco/harina, protector antiderrames, una pieza para hacer presión, cintas métricas y banderines para facilitar la experiencia del estudiante a la hora de identificar dónde cae la pelota al hacer el primer rebote y tomar las medidas de cada uno de los rebotes. A pesar de que este complemento elaborado no ofrece una mejora significativa en cuanto a rapidez de la práctica en comparación con el método actual, ofrece una mayor exactitud, mayor facilidad de detección y mayor reutilización de materiales que el método actual utilizado, factores que se consideran de gran importancia.
2. El kit de casos de Diseño de Experimentos de bajo costo fue desarrollado con éxito. Para su uso correcto se diseñó un manual de usuario dividido en 4 experimentos orientados a casos de áreas de la Ciencia distintas: Industria Alimentaria, Ciencias de la Salud, Industria Agrícola e Industria Aeronáutica. De las 10 unidades que se cubren en la clase de Diseño de Experimentos, el kit cubre un 80% de las unidades, siendo así una buena alternativa para la enseñanza práctica y didáctica de la clase.
3. El 92.6% de los resultados de las encuestas de estudiantes y el 87.5% de las encuestas de docentes fueron positivos, lo que indica en un 90%, que el Kit de Experimentos de Aplicaciones de DOE en áreas de la Ciencia es una buena alternativa para enriquecer la experiencia práctica de la clase.

VII. RECOMENDACIONES

1. Experimentar la detección del primer rebote de la pelota en otras superficies como arena, arcilla u otros materiales de manera que se localice uno de menor precio que la harina/talco, sea más fácil de manipular y se detecte más rápido.
2. Desarrollar y discutir en la clase de Diseño de Experimentos casos de estudio encontrados en artículos científicos u otros con el fin de explorar en clase las diferentes áreas e industrias donde se está utilizando Diseño de Experimentos para solventar problemas y detectar oportunidades de mejora.
3. Realizar pruebas piloto de alguno de los experimentos con estudiantes para determinar su satisfacción con las prácticas contenidas en el kit. Aplicar un cuestionario o prueba para determinar si el estudiante adquirió o reforzó las competencias y conceptos de la clase.
4. Mezclar a estudiantes de distintos años a la hora de realizar la prueba piloto de manera que se pueda determinar si el periodo en el que se adquirieron los conocimientos de DOE influye en su desempeño en la elaboración y análisis de los resultados de los experimentos.
5. Capacitar a los docentes de las clases relacionadas al kit de manera breve para aclarar dudas con respecto al procedimiento de los experimentos y obtención de resultados de cada caso.

VIII. APLICABILIDAD/IMPLEMENTACIÓN

La presente investigación puede ser aplicada en cualquier centro de educación superior que tenga carreras que cursen la clase de Diseño de Experimentos. Cabe mencionar que los resultados obtenidos de esta investigación sirven como herramienta didáctica y práctica de apoyo para la aplicación de conceptos básicos de Diseño de Experimentos en distintas áreas de la Ciencia. De tal forma que se busca que su uso sea de complemento a las actividades prácticas, no se busca la eliminación ni sustitución de prácticas actuales de la clase. Se recomienda que para el uso del kit el estudiante ya conozca de manera introductoria, general y teórica los conceptos básicos de Diseño de Experimentos. De esta forma el estudiante obtendrá un mayor provecho de los experimentos encontrados en el kit y podrá profundizar de mejor manera en el análisis de los resultados obtenidos y conclusiones de cada experimento.

IX. EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL/TRABAJO FUTURO

Para llevar la investigación actual a una segunda etapa, se sugiere el diseño de más experimentos orientadas a otras áreas de la Ciencia, por ejemplo, Química, Física y Materiales, áreas donde el Diseño de Experimentos es muy utilizado en la vida cotidiana. Estos experimentos no deberían de exceder más de 2 horas clase.

De igual forma, se considera que se debe elaborar un cuestionario específico para cada una de las prácticas o experimentos contenidos en el kit, con el fin de profundizar más en los resultados y conceptos de cada experimento.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, A. P., Kennedy, P. J., Dockray, S., Cryan, J. F., Dinan, T. G., & Clarke, G. (2016). The Trier Social Stress Test: Principles and practice. *Neurobiology of Stress*, 6, 113-126.
<https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2016.11.001>
- Box, G. (1991). *Teaching Engineers Experimental Design with a Paper Helicopter*.
<https://williamghunter.net/george-box-articles/teaching-engineers-experimental-design-with-a-paper-helicopter>
- Davis, B., & Michele, S. (2015). Applying Dale's Cone of Experience to increase learning and retention: A study of student learning in a foundational leadership course. *QScience Proceedings (Engineering Leaders Conference 2014)*, 6.
[dx.doi.org/10.5339/qproc.2015.elc2014.6](https://doi.org/10.5339/qproc.2015.elc2014.6)
- De la Torre, F. (2005). *12 lecciones de pedagogía, educación y didáctica* (1.ª ed.). Ediciones Alfaomega.
- Durakovic, B. (2018). Design of Experiments Application, Concepts, Examples: State of the Art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5(3), 421-439.
- Edel Navarro, R. (2003). El rendimiento académico: Concepto, investigación y desarrollo. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 1(2), 10.
- Ferré, J., & Rius, X. (s. f.). *Introducción al Diseño estadístico de experimentos*. 1-2.
- Hernández, C., Jiménez, M., & Sánchez, S. (2015). El rendimiento académico en universitarios, una revisión teórica a las variables internas y externas. *Editorial Centro de estudios e investigaciones para el desarrollo docente. Cenid AC*.

https://www.researchgate.net/publication/279517164_EL_RENDIMIENTO_ACADEMICO_EN_UNIVERSARIOS_UNA_REVISION_TEORICA_A_LAS_VARIABLES_INTERNAS_Y_EXTERNAS

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw Hill.

Ho, P. (2017). *Sensory Methods For Quality Control II Program*.

Homemade Ginger Ale—I Am Homesteader. (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2020, de <https://iamhomesteader.com/homemade-ginger-ale/>

Ilzarbe Izquierdo, L., Tanco, M., Viles, E., & Álvarez Sánchez-Arjona, M. J. (2007). *El diseño de experimentos como herramienta para la mejora de los procesos. Aplicación de la metodología al caso de una catapulta*. 10(20), 127-138.

iMotions. (2017). *Experimental Design: The Complete Pocket Guide*. www.imotions.com

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396-403.

Llauradó, O. (2014). *La escala de Likert: Qué es y cómo utilizarla*. Netquest. <https://www.netquest.com/blog/es/la-escala-de-likert-que-es-y-como-utilizarla>

López Aguado, M., & López Alonso, A. I. (2019). Los enfoques de aprendizaje. *Revista Colombiana de Educación*, 46, 133-134.

Mejía Bernal, I. L., & Álvarez Pardo, S. (2012). *Modelo de Dirección para la Aplicación de Six Sigma*. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/88/A8.pdf>

- Minerva Torres, C. (2002). El juego: Una estrategia importante. *Educere: La Revista Venezolana de Educación*, 6(19), 289-296.
- Monroy Cornejo, S. H. (2009). El Estudio De Caso: ¿Método o Técnica de Investigación? *Revista de la Asociación Mexicana de Metodología de Ciencia y de la Investigación*, 1(1).
- Montero, B. (2017). Aplicación de juegos didácticos como metodología de enseñanza: Una Revisión de la Literatura. *Revista de Investigación G.I.E Pensamiento Matemático*, 7(1), 75-92.
- Montgomery, D. (2005). *Design and Analysis of Experiments* (8.^a ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Osorio-Angarita, M. A., & Suárez-Parra, A. B. (2013). Importancia de la probabilidad y la estadística en la formación del Ingeniero. *I13: Investigación, innovación e ingeniería. Universidad de Boyacá, Colombia*, 26-37.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2016). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232.
- Parendo, P. (2016). Why the Catapult is a Poor Teaching Tool for Design of Experiments. *Perry's Solutions, Inc.*
<https://www.perryssolutions.com/publications/Why%20the%20Catapult%20is%20a%20poor%20teaching%20tool%20for%20DOE%20-%20Perrys%20Solutions.pdf>
- Pérez Rave, J. I. (2011). El avión de la muda: Herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje práctico de la manufactura esbelta. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 58, 173-182.

PSYMA. (2015, noviembre 4). *¿Cómo determinar el tamaño de una muestra? ¿Cómo determinar el tamaño de una muestra?* <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>

Rodríguez Lago, G. (2016). *Desarrollo de un juego didáctico para aprendizaje de Herramientas Lean* [Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/19408/TFM-P-490.pdf;jsessionid=141D4807D4D520A4C26DB7E6B0170C89?sequence=1>

Saavedra Serrano, M. (2018). Aprendizaje Cooperativo basado en la Investigación en la Educación Superior. *Revista de Docencia Universitaria Universidad Europea de Madrid*, 16(1), 235-250.

See what happens to plants when you place a magnet in a pod? (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2020, de <https://www.youtube.com/watch?v=3jlpQz4EKBs>

Tamanna, F. H. (2018). *The Effect of Psychological Stress on Forgetting*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/326460412_The_Effect_of_Psychological_Stress_on_Forgetting

The Paper Helicopter Experiment. (s. f.). The Paper Helicopter Experiment Project. <https://www.paperhelicopterexperiment.com>

TRABAJO 34 ¿Cuánto tarda el gas en irse de un refresco de cola? (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2020, de <http://www.etsii.upm.es/ingor/estadistica/pagweb/indice/webtemas/tdisenio.html/TRABAJO%2034%20gas%20en%20los%20refrescos%20de%20cola.htm>

Worthpoint. (s. f.). *NCMR SIX SIGMA CATAPULT TRAINING TOOLS 2 COMPLETE SETS*. Worthpoint. <https://www.worthpoint.com/worthopedia/ncmr-six-sigma-catapult-training-84789831>

Yin, R. (2008). *Case Study Research Design and Methods* (4.^a ed., Vol. 5). SAGE Publications.


https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1742025/mod_resource/content/1/How%20to%20know%20whether%20and%20when%20to%20use%20the%20case%20study%20as%20a%20reaserach%20method.pdf

ANEXOS

Anexo 1 - Encuesta de satisfacción a estudiantes de la práctica Catapulta NCMR

Encuesta de satisfacción
Práctica con equipo Catapulta NCMR para la clase de Diseño de Experimentos (DOE) y Metodología Seis Sigma
*** Required**

Catapulta NCMR



¿En qué año llevó la clase de Diseño de Experimentos/Metodología Seis Sigma? *

2019

2018

2017

Other: _____

A lo largo de la carrera, ¿para qué clases ha utilizado la catapulta? *

Diseño de Experimentos

Metodología Seis Sigma

Ambos

Other: _____

Ilustración 28 - Parte 1 de la encuesta de satisfacción a estudiantes de la práctica Catapulta NCMR

Fuente: Elaboración Propia

Del 1 al 5, ¿qué tan gratificante y entretenida le pareció la/s práctica/s que utilizan la catapulta? 1 siendo nada gratificante y entretenida y 5 siendo muy gratificante y entretenida. *

1 2 3 4 5

Del 1 al 5, ¿cuál considera que sea el grado de dificultad de la práctica con la catapulta NCMR? 1 siendo muy fácil y 5 siendo muy difícil. *

1 2 3 4 5

¿Cuál considera usted que es la parte más tediosa o confusa de la práctica con la catapulta NCMR? *

Preparar la catapulta

Hacer los lanzamientos

Identificar dónde cae exactamente la pelota

Tomar los datos

Analizar los datos

Other: _____

Del 1 al 5, después de realizar la práctica con la catapulta NCMR, ¿qué tanto considera que la catapulta representa un problema de la vida real/industria? 1 siendo muy poca aplicabilidad a la industria y 5 siendo mucha aplicabilidad a la industria. *

1 2 3 4 5

Del 1 al 5, después de realizar la práctica con la catapulta NCMR, ¿qué tanto considera que puede aplicar los conceptos básicos de Diseño de Experimentos a un problema de la vida real/industria? 1 siendo no puede aplicar nada y 5 siendo puede aplicarlo perfectamente. *

1 2 3 4 5

¡Muchas gracias por su tiempo!

Ilustración 29 - Parte 2 de la encuesta de satisfacción a estudiantes de la práctica Catapulta NCMR

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 2 - Prueba preliminar de competencias relacionadas a Diseño de Experimentos
(Pauta)**

Prueba de competencias relacionadas a Diseño de Experimentos

Número de cuenta: _____ **Año en el que llevó la clase:** _____

Parte I: Identifique la variable independiente y dependiente en cada hipótesis (30%)

#	Hipótesis	Variable independiente	Variable dependiente
1	Los artículos científicos que son elaborados a computadora recibirán calificaciones más altas que aquellos que son escritos a mano.	Artículos a computadora	Calificación
2	El tiempo empleado en meditación y otras prácticas mentales mejorarán las calificaciones de los estudiantes.	Tiempo meditación	Calificación
3	El tipo de tela utilizado en la fabricación de las camisas deportivas causa que tengan una vida útil más larga.	Tipo de tela	Vida útil
4	Al agregar silicón a la grieta del bote de plástico, se evitará que el líquido se derrame.	Agregar silicón	Derrame del líquido

Parte II: Escenarios de Diseño de Experimentos. Lea la situación planteada e identifique lo que se le solicita. (70%)

1. Diez semillas fueron plantadas en cada uno de 5 (total de 50 semillas) de los compartimentos encontrados en la planta de Barney's Farm. Cada uno de los compartimentos contienen 500 g de tierra fertilizada. Los compartimentos fueron dados

la siguiente cantidad de agua por 40 días: Compartimento 1: 50 ml, Compartimento 2: 100 ml, Compartimento 3: 150 ml, Compartimento 4: 200 ml y Compartimento 5: 250 ml. Como el Compartimento 3 recibió la cantidad recomendada de agua, este se utilizó como control. Los ingenieros se encargaron de medir la altura de cada una de las plantas al final del experimento.

Problema:

¿Cómo la cantidad de agua afecta la altura del crecimiento de las plantas?

Variable independiente: cantidad de agua (ml)

50 ml	100 ml	150 ml	200 ml	250 ml
-------	--------	--------	--------	--------

En la tabla superior, circular el nivel de la variable independiente que se utilizará como control.

Variable dependiente:

Altura de las plantas (cm)

Constantes: Cantidad de semillas (10), tipo de tierra, cantidad de tierra (500 g), tamaño del compartimento.

Número de réplicas solicitadas: No especifica/Al menos 3

2. ACT II, la compañía líder en la producción de palomitas quiere sacar al mercado una línea de palomitas acarameladas embotelladas y según su estudio de mercado existe una gran demanda actualmente de este producto, por lo que necesitan elaborar el producto lo más rápido posible. El objetivo de los ingenieros es maximizar el número de semillas de maíz reventadas a través de la prueba de distintos tiempos y distintos tipos de semillas de maíz. La prueba se realizará con 160 (-) segundos y 200 (+) segundos. Los dos tipos de semillas utilizadas para el experimento son semillas de maíz blanco (-) y maíz amarillo (+).

En la tabla inferior identifique el factor numérico y categórico y los dos tipos de cada uno de ellos.

Factores			
Numérico (A)		Categórico (B)	
Tiempo en la estufa		Tipo de semilla de maíz	
160 s	200 s	Blanco	Amarillo

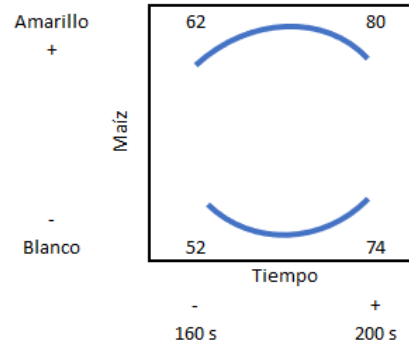
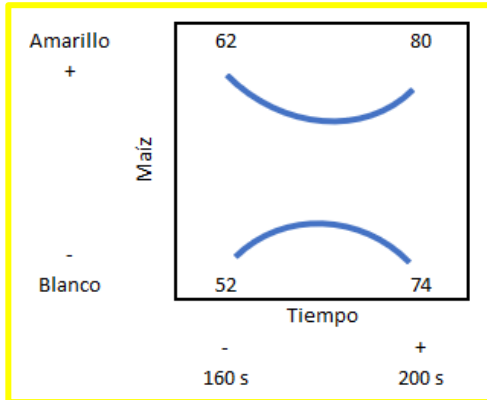
Variable dependiente/variable de salida:	Número de semillas de maíz reventadas
Número de combinaciones para realizar el experimento:	4

Orden estándar	Orden real del experimento	A	B	Resultado
1	2	-	+	52
2	4	+	-	74
3	1	-	+	62
4	3	+	-	80

Analizando la tabla superior conteste las siguientes preguntas.

a. ¿Cuáles son las combinaciones que se hicieron en el experimento? 160s+amarillo, 200s+blanco, 160s+blanco, 200s+amarillo.

b. ¿Cuál de los siguientes gráficos es el verdadero? Circule.



3. La

Planta de Tratamiento y Agua Potable en Lempira busca reducir la cantidad de contaminantes en el agua (lbs). Los tres factores que los ingenieros están considerando son: tratamiento químico (C) donde se tiene el químico P y el químico Q; temperatura del tratamiento (T) donde se analizan 72°F y 100°F; y velocidad de agitación (S) donde se tienen 200 rpm y 400 rpm.

a. ¿Cuántos experimentos (combinaciones) se deben realizar? ¿Cuáles son?


8

b. Analizando la tabla inferior, ¿cuáles son los dos factores más influyentes o importantes en los resultados? ¿Por qué?

Estándar	Orden real	C	T	S	Resultado
1	6	-	-	-	5
2	2	+	-	-	30
3	5	-	+	-	6
4	3	+	+	-	33
5	7	-	-	+	4
6	1	+	-	+	3
7	8	-	+	+	5
8	4	+	+	+	4

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3 - Encuesta para estudiantes Kit de Experimentos para la clase de DOE



Kit de Experimentos para la clase de DOE - Estudiantes

Para poder llenar la encuesta primero debe de haber leído el Manual de Experimentos proporcionado por el encuestador. Una vez leído, conteste las siguientes preguntas.

De manera general, ¿qué opina sobre el Kit de Experimentos?

- Muy malo
- Malo
- Indistinto
- Bueno
- Muy bueno

¿Qué tan atractivo y completo le parece el Kit?

- Nada atractivo ni completo
- Poco atractivo y completo
- Neutral
- Atractivo y completo
- Muy atractivo y muy completo

Ilustración 30 - Parte 1 de la encuesta para estudiantes Kit de Experimentos para la clase de DOE

Fuente: Elaboración Propia

¿Qué opina de los casos encontrados en el Manual?

- No representan nada de conceptos de Diseño de Experimentos en casos de estudio de áreas en la ciencia e industria
- Representan de manera muy pobre conceptos de Diseño de Experimentos en casos de estudio de áreas en la ciencia e industria
- Neutral
- Representan algunos conceptos de Diseño de Experimentos en casos de estudio de áreas en la ciencia e industria
- Representan de muy buena manera conceptos de Diseño de Experimentos en casos de estudio de áreas en la ciencia e industria

Del 1 al 5 tomando en cuenta que el Kit trae todos los materiales necesarios, ¿qué tan realizables considera los experimentos del Kit?

	1	2	3	4	5	
Nada realizables	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy realizables

¿Considera que si se utilizara este Kit para la clase de Diseño de Experimentos, ofrecería una visión más amplia de los campos de aplicación de DOE?

- Sí
- No
- Tal vez

Ilustración 31 - Parte 2 de la encuesta para estudiantes Kit de Experimentos para la clase de DOE

Fuente: Elaboración Propia

¿Considera que si se utilizara este Kit para la clase de Diseño de Experimentos, podría aplicar los conceptos básicos de DOE a un problema de la vida real/industria?

No podría

Tal vez podría

Neutral

Podría aplicar algunos conceptos

Sí podría

¿Considera que el Kit es una buena alternativa para enriquecer la experiencia práctica de la clase de Diseño de Experimentos?

Sí

No


Tal vez

¡Muchas gracias por su tiempo!

Ilustración 32 - Parte 3 de la encuesta para estudiantes Kit de Experimentos para la clase de DOE

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4 - Encuesta para docentes Kit de Experimentos para la clase de DOE



Kit de Experimentos para la clase de DOE - Docentes

Para poder llenar la encuesta primero debe de haber leído el Manual de Experimentos proporcionado por el encuestador. Una vez leído, conteste las siguientes preguntas.

* Required

De manera general, ¿qué opina sobre el Kit de Experimentos? *

- Muy malo
- Malo
- Indistinto
- Bueno
- Muy bueno

¿Qué tan atractivo y completo le parece el Kit? *

- Nada atractivo ni completo
- Poco atractivo y completo
- Neutral
- Atractivo y completo
- Muy atractivo y muy completo

Ilustración 33 - Parte 1 de la encuesta para docentes Kit de Experimentos para la clase de DOE

Fuente: Elaboración Propia

¿Qué opina de los casos encontrados en el Manual? *

No representan nada de conceptos de Diseño de Experimentos en casos de estudio de áreas en la ciencia e industria
 Representan de manera muy pobre conceptos de Diseño de Experimentos en casos de estudio de áreas en la ciencia e industria
 Neutral
 Representan algunos conceptos de Diseño de Experimentos en casos de estudio de áreas en la ciencia e industria
 Representan de muy buena manera conceptos de Diseño de Experimentos en casos de estudio de áreas en la ciencia e industria

Del 1 al 5 tomando en cuenta que el Kit trae todos los materiales necesarios, ¿qué tan realizables considera los experimentos del Kit? *

Nada realizables 1 2 3 4 5 Muy realizables

¿Considera que si se utilizara este Kit para la clase de Diseño de Experimentos, ofrecería una visión más amplia de los campos de aplicación de DOE? *

Sí
 No
 Tal vez

Ilustración 34 - Parte 2 de la encuesta para docentes Kit de Experimentos para la clase de DOE

Fuente: Elaboración Propia

¿Considera que si se utilizara este Kit para la clase de Diseño de Experimentos, podría aplicar los conceptos básicos de DOE a un problema de la vida real/industria? *

No podría

Tal vez podría

Neutral

Podría aplicar algunos conceptos

Sí podría

Tomando en cuenta que se busca que el Kit sirva como complemento y no como sustitución de las prácticas actuales, ¿considera que el Kit es una buena alternativa para enriquecer la experiencia práctica de la clase de Diseño de Experimentos? *

Sí

No

Tal vez

Escriba aquí sus sugerencias o comentarios adicionales.

Your answer _____

¡Muchas gracias por su tiempo!

Ilustración 35 - Parte 3 de la encuesta para docentes Kit de Experimentos para la clase de DOE

Fuente: Elaboración Propia