

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Escuela de Posgrado



Mejora del desempeño académico en estudiantes
de Ingeniería Mecánica de una Universidad
Privada de Lima

Tesis para obtener el grado académico de Magíster en
Integración e Innovación Educativa de las Tecnologías
de la Información y la Comunicación que presenta:

Marco Antonio Romero Jiménez

Asesora:

María del Pilar Cecilia García Torres

Lima, 2023

Informe de Similitud

Yo, María del Pilar Cecilia García Torres, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesora de la tesis titulada: “Mejora del desempeño académico en estudiantes de Ingeniería Mecánica” de una Universidad Privada de Lima, del autor Marco Antonio Romero Jiménez, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 16%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 17/04/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Lima, 18 de abril de 2023

| | |
|---|---|
| María del Pilar Cecilia García Torres | |
| DNI: 25608218 | Firma  |
| ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6670-9317 | |

Resumen

El presente trabajo es una propuesta de innovación educativa que se plantea a partir del problema encontrado acerca del desarrollo de competencias en las sesiones de laboratorio del curso de máquinas eléctricas de la carrera de ingeniería, que influye en el desempeño académico del perfil profesional de un egresado de ingeniería. La propuesta tiene como objetivo general mejorar el desempeño académico del estudiante en el curso mencionado incorporando metodologías en la sesión que lo involucren en su aprendizaje siendo los objetivos específicos a) incorporar estrategias de aprendizaje como aula invertida, aprendizaje colaborativo y aplicación de recursos tecnológicos como RA así como también, b) incorporar estrategias que permitan incrementar el desarrollo de competencias, para poder observar y analizar las posibilidades del diseño de la propuesta.

Se realizó una experiencia piloto que fue planificada y ejecutada en el marco de actividades basadas en el aprendizaje colaborativo, el aula invertida y el desarrollo de un aplicativo de RA. Para la recolección de información se utilizó la encuesta a estudiantes, las prácticas calificadas y el examen final del curso. Las acciones implementadas permitieron observar un incremento del 7% en el rendimiento académico con respecto al ciclo anterior.

Palabras claves: aula invertida, aplicativo de realidad aumentada, aprendizaje colaborativo y cooperativo en laboratorios de ingeniería mecánica.

Abstract

The present work is a proposal for educational innovation that arises from the problem found in the development of competences in the laboratory sessions of the electrical machines course of the mechanical engineering career of a private university, which positively influences performance. academic professional profile of an engineering graduate. The general objective of the proposal is to improve the academic performance of the student in the aforementioned course by incorporating methodologies in the session that involve them in their learning, and had as specific objectives a) incorporating learning strategies such as flipped classroom, collaborative learning and application of technological resources. as augmented reality as well as, b) incorporate strategies that allow increasing the development of competencies, in order to observe and analyze the possibilities of the design of the proposal.

A pilot experience was carried out that was planned and executed highlighting collaborative learning activities in the classroom inverted and the development of an augmented reality application, the instrument for data collection and analysis of results, a student survey, qualified practices and the final exam of the course were used. In conclusion, the implemented actions allowed to observe a 7% increase in academic performance compared to the previous cycle.

Keywords: flipped classroom, augmented reality application, collaborative and cooperative learning in mechanical engineering laboratories.

Índice

| | |
|---|----------|
| Resumen | iii |
| Abstract | iv |
| Índice | v |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| PRIMERA PARTE: MARCO DE LA INVESTIGACIÓN | 2 |
| CAPÍTULO 1. DISEÑO DE LA PROPUESTA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA | |
| 1.1 Información General de la propuesta de innovación educativa. | 2 |
| 1.1.1 De la institución educativa | 2 |
| 1.1.2 De la intervención | 2 |
| 1.2 Justificación de la propuesta de innovación educativa. | 2 |
| 1.2.1 Antecedentes | 7 |
| 1.3 Fundamentación teórica. | 8 |
| 1.3.1 Metodologías Activas | 8 |
| 1.3.2 Aula invertida | 9 |
| 1.3.3 Aprendizaje cooperativo | 12 |
| 1.3.4 Aprendizaje colaborativo | 13 |
| 1.3.5 Realidad Aumentada (RA) | 15 |
| 1.3.6 Competencias | 15 |
| 1.3.7 La Rúbrica | 16 |
| 1.3.8 Desempeño académico | 17 |
| 1.4 Caracterización del contexto. | 18 |
| 1.5 Objetivos y metas. | 22 |
| 1.5.1 Objetivo general | 22 |
| 1.5.2 Objetivos específicos | 23 |
| 1.5.3 Metas | 23 |

| | | |
|---------|---|----|
| a. | Metas de Ocupación | 23 |
| b. | Metas de Implementación | 23 |
| c. | Metas de Producción | 23 |
| 1.6 | Estrategia Operativa | 24 |
| 1.6.1 | Fases: | 24 |
| Fase 1: | Sensibilización y coordinación con los involucrados | 24 |
| Fase 2: | Planificación | 24 |
| Fase 3: | Implementación | 27 |
| Fase 4: | Ejecución | 28 |
| Fase 5: | Encuestas y Entrevistas | 28 |
| Fase 6: | Difusión | 28 |
| Fase 7: | Monitoreo | 29 |
| 1.6.2 | Riesgos | 29 |
| 1.7 | Recursos Humanos. | 30 |
| 1.8 | Sostenibilidad. | 30 |
| 1.9 | Presupuesto. | 31 |
| 1.10 | Cronograma. | 33 |
| | SEGUNDA PARTE: RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN | 34 |
| | CAPÍTULO 2. INFORME DE LA EJECUCIÓN DE LA EXPERIENCIA PILOTO | 34 |
| 2.1 | Mecanismo de evaluación del piloto. | 35 |
| 2.1.1 | Encuesta en línea a los involucrados. | 35 |
| 2.1.2 | Rúbricas. | 35 |
| 2.1.3 | Estadística de resultados. | 36 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.1.4 | Entrevista. | 36 |
| 2.2 | Instrumentos utilizados para la recolección de información. | 36 |
| 2.2.1 | Documentos en Drive – Documentos Excel Colaborativos. | 36 |
| 2.2.2 | Grabación de Sesiones de Laboratorios. | 36 |
| 2.2.3 | Controles de Lectura del Laboratorio. | 37 |
| 2.2.4 | Tarea Académica e Informe del Laboratorio. | 37 |
| 2.2.5 | Prueba de salida del Laboratorio. | 37 |
| 2.2.6 | 4ta Práctica Calificada y Examen Final. | 37 |
| 2.3 | El proceso de ejecución de la experiencia piloto. | 37 |
| 2.3.1 | Etapa previa a la sesión - aula invertida. | 39 |
| 2.3.2 | Etapa síncrona. | 40 |
| a) | Etapa síncrona - Retroalimentación del Control de Lectura. | 40 |
| b) | Etapa Síncrona - Complemento Teórico. | 41 |
| c) | Etapa síncrona - Verificación de resultados | 41 |
| d) | Etapa síncrona - Experiencia calculada | 42 |
| e) | Etapa síncrona - Cierre | 42 |
| 2.3.3 | Etapa post laboratorio – Trabajo Colaborativo | 42 |
| 2.4 | Informe de los resultados obtenidos | 42 |
| 2.4.1 | Información de las encuestas realizadas | 42 |
| 2.4.2 | Resultados del control de lectura del laboratorio. | 54 |
| 2.4.3 | Práctica calificada | 56 |
| 2.4.4 | Reporte final del curso | 57 |

| | |
|----------------------------|----|
| Conclusiones. | 58 |
| Recomendaciones. | 60 |
| Referencias bibliográficas | 62 |
| Anexos | 64 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Diferencias entre el Aprendizaje Colaborativo y Cooperativo | 14 |
| Tabla 2. Presupuesto de la propuesta de innovación – Costos de RRHH..... | 31 |
| Tabla 3. Presupuesto del proyecto de Implementación – Activos | 32 |
| Tabla 4. Costo total del proyecto | 32 |
| Tabla 5. Cronograma de trabajo del proyecto de innovación | 33 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de material de aula invertida | 10 |
| Figura 2. Taxonomía de Bloom..... | 11 |
| Figura 3. Horarios de clase y laboratorios del Curso de Máquinas Eléctricas | 20 |
| Figura 4. Histograma de notas acumuladas | 22 |
| Figura 5. Interface del programa LVSIM..... | 40 |
| Figura 6. Aplicativo desarrollado para la explicación de fundamentos | 41 |
| Figura 7. Resultado 1 - Percepción de los ensayos..... | 43 |
| Figura 8. Resultado 2 – Ensayos..... | 44 |
| Figura 9. Resultado 3 - Sesiones con uso de TIC | 45 |
| Figura 10. Resultado 4 – Acuerdos de los ensayos | 46 |
| Figura 11. Respuesta 5 – Recursos de entrenamiento | 47 |
| Figura 12. Respuesta 6 – Acuerdos de recursos..... | 48 |
| Figura 13. Respuesta 7 – Presentación de material didáctico..... | 49 |
| Figura 14. Respuesta 8 – Opinión de aprendizaje..... | 50 |
| Figura 15. Respuesta 9 – Opinión de Comprensión del funcionamiento..... | 51 |
| Figura 16. Respuesta 10 – Entendimiento de planteamiento | 52 |
| Figura 17. Respuesta 11 – Opinión del trabajo colaborativo | 53 |

| | |
|---|----|
| Figura 18. Diagrama de bigote de las notas de prueba de entrada | 54 |
| Figura 19. Distribución de puntaje entre el grupo | 56 |
| Figura 20. Reporte Final de curso | 57 |



Introducción

El presente trabajo muestra la necesidad de implementar metodologías activas en las sesiones de laboratorios del curso de Máquinas Eléctricas para alumnos de VIII ciclo de la carrera de Ingeniería Mecánica en una Universidad Privada de Lima. La investigación surge con el fin de atender el problema de comprensión y el interés de los estudiantes en temas relacionados al área de electricidad, entendiendo que existen metodologías y recursos tecnológicos que pueden ayudar a este fin, se busca también verificar la aceptación por parte de estudiantes que están en VIII ciclo de su carrera y que han utilizado los métodos tradicionales, otro tema aparte es la disposición de los docentes al cambio de metodología. Por lo mencionado la línea de investigación es el Aprendizaje potenciado por tecnología mientras que la sublínea principal es el Uso e impacto de recursos tecnológicos en el desarrollo de capacidades curriculares.

En el primer capítulo se desarrolla el diseño de la propuesta de innovación educativa incluyendo la descripción de las características de la institución educativa y la de la población objetivo. En el segundo capítulo se describe la ejecución de la experiencia piloto y se describen los mecanismos de evaluación empleados, así como los instrumentos de recolección de información, el proceso de ejecución de la experiencia y el informe de resultados obtenidos, para luego presentar las conclusiones donde se muestran los beneficios, limitaciones o restricciones del uso de las metodologías activas en estudios universitarios de ingeniería.

La implementación de la propuesta es relevante ya que se trata de asegurar una base sólida para los cursos siguientes y, además, abrir puertas a investigaciones que son poco frecuentes en esta área y que podrían generarse inclusive con el apoyo de empresas del sector mecánico- eléctrico. Finalmente, se plantean recomendaciones para la implementación de este estudio tanto para el mismo diseño de la propuesta como para su ejecución que lleven a mejorar la propuesta y por consiguiente mejorar el desempeño académico de los estudiantes de esta carrera de ingeniería.

CAPÍTULO 1

DISEÑO DE LA PROPUESTA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

1.1 Información General de la propuesta de innovación educativa.

1.1.1 De la institución educativa

La institución en la que se desarrolla la propuesta de innovación, es una Universidad de gestión privada que lidera el ranking de Universidades del País, cuenta con alumnos de pre y postgrado en las diferentes carreras de Ciencias, Artes, Letras y Educación.

1.1.2 De la intervención

La propuesta de cuatro meses de duración, un ciclo, se sitúa en el curso de Máquinas Eléctricas para VIII ciclo de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en la especialidad de Ingeniería Mecánica.

1.2 Justificación de la propuesta de innovación educativa.

En la especialidad de Ingeniería Mecánica, donde se realiza la propuesta, hay 21 cursos de carrera que tienen además de la teoría, horas de ejecución de experimentos o aplicación, denominados sesiones de laboratorios, que complementan la teoría. Las sesiones de laboratorios de los cursos más analíticos (Resistencia, Electricidad, Máquinas Eléctricas, Metalurgia, Transferencia de Calor, Termodinámica, Mecánica de Fluidos, Motores de Combustión Interna, entre otros) tienen como finalidad adquirir datos de un equipo en un entorno controlado con ayuda de un jefe de práctica.

Esta información es analizada para entender los fundamentos de operación y parámetros de funcionamiento de los diversos sistemas. La propuesta se sitúa así en el curso de Máquinas Eléctricas para octavo ciclo de la Facultad de Ciencias e

Ingeniería en la especialidad de Ingeniería Mecánica, donde se tiene una población promedio de 45 estudiantes, un docente principal y ocho jefes de práctica encargados del desarrollo de prácticas calificadas, exámenes y/o sesiones de laboratorio. Los laboratorios se desarrollan en grupos de 3 estudiantes y un jefe de práctica durante 3 horas cronológicas y 5 sesiones a lo largo del ciclo.

En relación a los resultados de este curso se observa que 60 % de los estudiantes que aprueban presentan el mínimo aprobatorio para pasar el curso. Lo cual lleva a preguntarse si las competencias se están desarrollando apropiadamente, si las estrategias de enseñanza y de evaluación son las más convenientes. Esta debilidad en el desarrollo de competencias ocasiona los estudiantes poco interés en el curso, genera una producción limitada de investigaciones y una falta de reconocimiento del área eléctrica de la carrera a nivel industrial. De las competencias requeridas en la facultad, el curso desarrolla las siguientes:

C1. La habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería complejos mediante la aplicación de principios de ingeniería, ciencia y matemáticas.

C2. La habilidad para aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas teniendo en cuenta la salud pública, la seguridad y el bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

C6. La habilidad para desarrollar y llevar a cabo una experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y usar juicios de ingeniería para emitir conclusiones.

Las sesiones de laboratorio son actividades que podrían considerarse personalizadas, ya que a diferencia de la sesión teórica no trabaja con todos los estudiantes del horario sino con grupos reducidos. Debido a esto, la propuesta está orientada a evaluar, analizar y proponer modificaciones a las sesiones de laboratorio, que por el tamaño del grupo permite tener un ambiente con mejor control y monitoreo de las actividades.

Las metodologías de enseñanza en los laboratorios siguen las estructuras de las clases magistrales donde el participante es un espectador. Si bien estos métodos han servido durante generaciones, debiera considerarse que tanto las características de estudiantes que ingresan a la Facultad como los requerimientos de la industria cambian y la formación universitaria no solo debe brindar conocimiento técnico sino también, ayudar a desarrollar las competencias personales de comunicación y de trabajo en equipo. Además, se debe comprender que la información se encuentra disponible a través de diversos medios, lo que convierte al docente en un guía que debe orientar al alumno a cómo aprender, generando interés en lo que realiza, utilizando los recursos tecnológicos y metodologías activas que se tienen disponibles.

Otro punto importante es que si bien es cierto los docentes deben tratar de reducir las debilidades de aprendizaje de los estudiantes, las tareas o actividades no se deben basar en las debilidades sino más bien en las fortalezas que tiene el estudiante. Por poner un ejemplo, el manejo de aplicativos móviles es un tema que un estudiante de facultad tiene ya desarrollado sin necesidad de haber sido instruido, es una fortaleza de esta generación, que esto se convierta en un recurso para el aprendizaje.

El problema encontrado entonces es el limitado desarrollo de competencias de los estudiantes del VIII ciclo en el curso de Máquinas Eléctricas, en las sesiones de laboratorio debido a la falta de uso de recursos tecnológicos y a las metodologías convencionales de aprendizaje, la Metodología donde el estudiante es un espectador intelectual de los ensayos realizados, lo que genera que el tiempo invertido para la comprensión y el desarrollo de los temas se incremente dentro y fuera de la sesión del laboratorio; esto perjudica al estudiante ya que los tiempos dedicados al curso están limitados por su carga educativa. Por ello se debe reestructurar el desarrollo de procesos cognitivos de orden inferior y superior para que los tiempos sean mejor utilizados.

La causa principal del problema es falta de iniciativa de los docentes y jefes de práctica para proponer el uso de nuevas formas de enseñanza, ya que la estructura

pedagógica de desarrollo de actividades del laboratorio es el mismo desde hace más de 20 años, principalmente por el desconocimiento de metodologías y recursos pedagógicos debido a su formación en ingeniería y no en educación, y debido también a que son docentes de dedicación tiempo parcial con otras actividades laborales. Además, sucede que los cambios implican salir de una zona de confort laboral e invertir horas que probablemente no sean reconocidas por la institución. La institución educativa viene brindando talleres sobre metodologías y recursos para tener un aprendizaje dinámico, pero la implementación no es inmediata.

La virtualización obligada por la pandemia ha evidenciado el desconocimiento y la dificultad en el uso de recursos tecnológicos que presentan los docentes y jefes de práctica del curso de máquinas eléctricas. Esto ha llevado a tener sesiones de laboratorio monótonas con poca interacción alumno-docente o como en el caso de las clases magistrales, sesiones donde el jefe de práctica se dedica a hacer un monólogo que se detiene muy casualmente para responder o hacer alguna pregunta. Esta situación genera dificultades para comprender fundamentos, plantear soluciones y provoca un bajo rendimiento, desempeños muy irregulares y falta de motivación en la investigación de los temas del curso.

Describiendo la estructura desarrollada del laboratorio, se puede apreciar que se invierte el 10% del tiempo de la sesión con un espacio síncrono en la evaluación de entrada, un 20% en la explicación del funcionamiento del equipo, por parte del docente asignado al grupo utilizando componentes desarmados, fotografías o imágenes desarrolladas en pizarras, la toma de datos de los ensayos (60%) y la explicación de cómo deben hacer los cálculos y estructurar el informe (10%). Con ello se cubre la totalidad del tiempo de la sesión. Posteriormente los estudiantes se reúnen para analizar los resultados y desarrollar observaciones, conclusiones y preparar el informe grupal.

Por lo anterior las competencias diseñadas en el curso no se desarrollan de forma homogénea y/o completa en todos los estudiantes, ya que no tienen un soporte o apoyo durante los procesos de evaluación o análisis, y esto se refleja en el planteamiento inicial de la solución de preguntas en sus prácticas y exámenes.

Es en este contexto que la propuesta se focaliza en las sesiones de laboratorio del curso Máquinas Eléctricas con la intención de que, a través de metodologías activas y actuales y con el uso de recursos tecnológicos, se puedan desarrollar las competencias del curso. Además de utilizar el tiempo de la sesión para procesos cognitivos de orden superior como aplicar, analizar y evaluar. De esta manera, busca mejorar no solo los niveles de comprensión de los temas desarrollados en los laboratorios, sino también disminuir los tiempos invertidos en el aprendizaje, teniendo como efecto colateral un mejor planteamiento en la solución de evaluaciones calificadas que permitan demostrar el entendimiento de los temas, elevando el promedio final del curso y generando un interés para la investigación de estos temas, sin invertir mayor cantidad de tiempo o descuidar otras materias. Es decir, para impulsar la investigación en el área de Eléctrica y conseguir fundamentos sólidos para cursos posteriores o trabajos de investigación.

El desarrollo de la propuesta en el área Eléctrica de la carrera de Ingeniería Mecánica, con el conocimiento técnico producto del know how, las investigaciones, el equipamiento y el dominio de recursos pedagógicos, puede potenciar a la institución a ingresar a un mercado de capacitación industrial que no se tiene contemplado en la actualidad, además de reforzar la imagen institucional en esta área. La propuesta está basada en los lineamientos institucionales de estar a la vanguardia técnica y pedagógica en el país.

La propuesta propone aplicar metodologías activas en el desarrollo de laboratorios para hacer a los alumnos partícipes de su aprendizaje, mejorar la comprensión de los temas desarrollados en el laboratorio, motivar la investigación, desarrollar capacidades de trabajo en equipo, disminuir su carga cognitiva y disminuir tiempos de aprendizaje. También, beneficiar a los docentes y jefes de práctica desarrollando en ellos competencias pedagógicas que por lo general no han adquirido en su etapa universitaria, esto les permitirá, en el caso de algunos, compartir estos conocimientos pedagógicos en las empresas donde laboran, para la capacitación del personal técnico y en el caso de otros para desempeñarse en la labor de docencia en educación superior.

El aporte intrainstitucional estaría en la extensión de la metodología aplicada también a otros laboratorios de la carrera o Facultad, el aporte extrainstitucional radicaría no solo en la aplicación a otras universidades sino también a empresas que requieren capacitación técnica y el desarrollo de procesos cognitivos de orden superior para sus empleados.

1.2.1 Antecedentes

Se han realizado diversas investigaciones sobre el aprendizaje colaborativo, el aula invertida, entre otras donde analizan cómo estas nuevas metodologías mejoran el proceso de aprendizaje en diversas áreas de la educación superior tal es así que, Gutiérrez (2013) sostiene que el aprendizaje colaborativo en educación superior disminuye la carga cognitiva, siempre que los materiales se encuentren bien estructurados y que las indicaciones de desarrollo de las actividades sean claras; la disminución de carga cognitiva permitirá que el estudiante pueda incrementar el tiempo de atención. Pero si los estudiantes no tienen tiempo de compartir su trabajo individual y sus percepciones durante la sesión de aprendizaje colaborativo, desde la teoría de la carga cognitiva ésta no tendría efecto. Es importante controlar el tiempo de las tareas individuales, promover la discusión al interior del grupo y que se argumenten las ideas presentadas, especialmente cuando son contrarias a la opinión general del grupo. Si no hay argumentación de los integrantes se puede pensar que la idea no es relevante.

Granados (2019) nos habla acerca del uso de e-learning y el rendimiento académico en alumnos de enfermería en la universidad de Costa Rica, teniendo como población a 55 estudiantes, el método utilizado fue de carácter retrospectivo, correlaciona significativa mediante la prueba de t-student , análisis de tipo transversal mediante la correlación entre las notas obtenidas con el uso y manejo del aula virtual donde se evidenció el incremento de la correlación, pero fue baja mediante la prueba de t-pareada. las conclusiones fueron. El uso del aula virtual no produjo ningún cambio significativo en los cursos según la estadística, el rendimiento académico de los estudiantes con el uso del aula virtual aumentó la correlación en forma mínima y la

necesidad de replantearse las estrategias pedagógicas y estudiar las causas del bajo impacto del entorno virtual en el rendimiento académico.

Del mismo modo, Huamán (2020) realizó una investigación sobre las TIC y el rendimiento académico, determinó la asociación entre las TIC y el rendimiento académico de los ingresantes de beca 18 a la universidad peruana Cayetano Heredia, la metodología fue correlacional con 61 estudiantes. Los resultados fueron que la asociación entre las variables es significativa, el dispositivo de uso más frecuente fue el celular, la computadora y otros que influyen en el rendimiento académico.

Finalmente, Quesada y Castro (2021) en su estudio sobre la inclusión digital en el aprendizaje determinó la relación entre la inclusión digital y el rendimiento académico universitario. La metodología aplicada fue una población de 122 estudiantes, se encontró una correlación Rho de Spearman (0.062) lo cual refleja que se debe capacitar a los estudiantes en herramientas digitales para tener igualdad de oportunidades de acceso a las TIC y a los beneficios de la formación por competencias en espacios físicos y virtuales.

1.3 Fundamentación teórica.

La propuesta se fundamenta en los siguientes conceptos y proposiciones:

1.3.1 Metodologías Activas

Para Serna et al. (2013) estas metodologías activas tienen como fin un aprendizaje significativo, donde el alumno es el protagonista de su aprendizaje, mientras que el docente es un facilitador del proceso. Es función del docente proponer actividades de clase y tareas que desarrollen una reflexión crítica, pensamientos creativos, y una comunicación efectiva en el proceso de aprendizaje, así como una asociación con la experimentación. Las metodologías activas deben tener en cuenta el hecho de que el aprender es experimental, la resolución de problemas es compleja, el adquirir conocimientos es relevante y coaprender es un soporte de grupo. También manifiesta que en sus investigaciones ha podido resumir los principios educativos comunes a las metodologías activas de enseñanza en:

- a.- El desarrollo de escenarios con un contexto para problemas, casos o proyectos, crea la necesidad de aprendizaje.
- b.- El trabajo en grupos pequeños permite probar y desarrollar el nivel de comprensión, la complejidad del problema propuesto al grupo puede generar la distribución de tareas y desarrollar responsabilidad, trabajo efectivo y aprendizaje individual.
- c.- La resolución de problemas complejos requieren razonamiento e indagación, por lo que el planteamiento de estos problemas debe estar asociados a las situaciones reales.
- d.- El desarrollo de las soluciones debe orientar al estudiante a investigar nuevas sapiencias, por lo que se debe establecer qué saben y qué necesitan saber.

En la propuesta hemos identificado metodologías activas que calzan con las actividades a desarrollar en las sesiones de laboratorio para conseguir las competencias requeridas; estas metodologías son Aula Invertida, Aprendizaje cooperativo y Aprendizaje Colaborativo.

1.3.2 Aula invertida

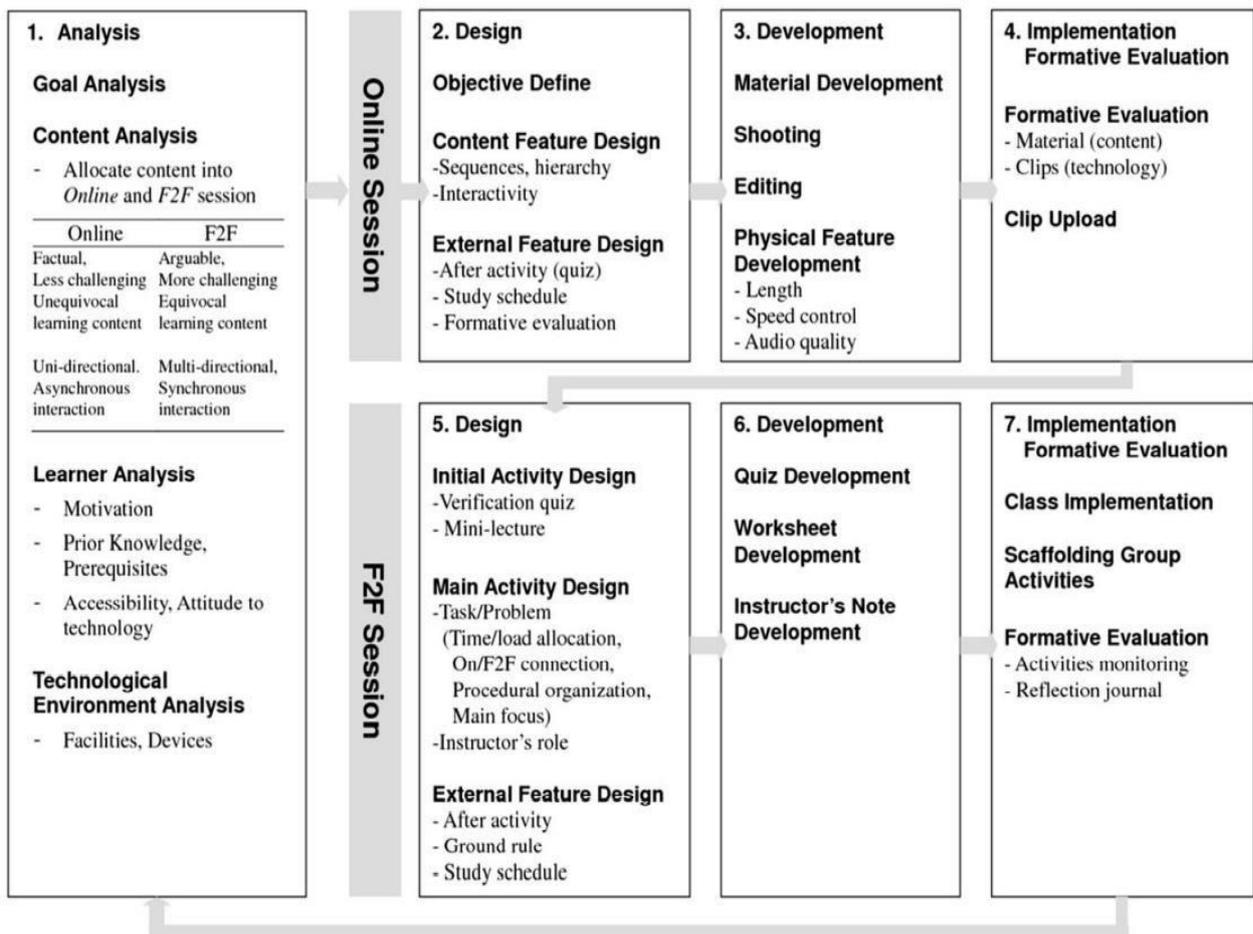
La necesidad de desarrollar temas profundos y complejos en tiempos cortos ha sido sin duda uno de los problemas limitantes en la educación. El hecho de exponer conceptos básicos que sean el sustento de explicaciones más complejas nos resta tiempo de discusión, consultas, análisis y retroalimentación, esto sumado a que no todos los estudiantes tienen la misma velocidad de analizar y procesar conceptos nuevos genera complejidad en el desarrollo de actividades síncronas de aprendizaje. La posibilidad de estandarizar los conceptos básicos antes de una sesión es una condición esencial para poder profundizar temas complejos, ante ello la metodología de aula invertida cumple con este requerimiento, siempre y cuando se desarrollen y limiten los recursos y estos estén orientados a cubrir los objetivos previstos.

Una de las metodologías que permite una mejor preparación para las sesiones síncronas es el Aula Invertida, con respecto a esto Lee J. et al. (2017) concluyen que las metodologías de aula invertida aplicadas a instituciones de educación superior han generado un incremento en la comprensión de temas de clases y estas

experiencias han sido utilizadas para crear una guía de diseño de modelos de aula invertida, las cuales han seguido un proceso de modificación y adaptación continuo. Presenta también en su trabajo un diseño inicial de modelado de actividades para el Aula Invertida desarrollado en base a la literatura consultada en su investigación.

Figura 1

Diagrama de flujo para la elaboración de material de Aula Invertida



Nota. En la figura, se muestra la secuencia y puntos a considerar para desarrollar las actividades de aula invertida. Tomado de *Development of an instructional design model for flipped learning in higher education*, por Lee et al, 2017.

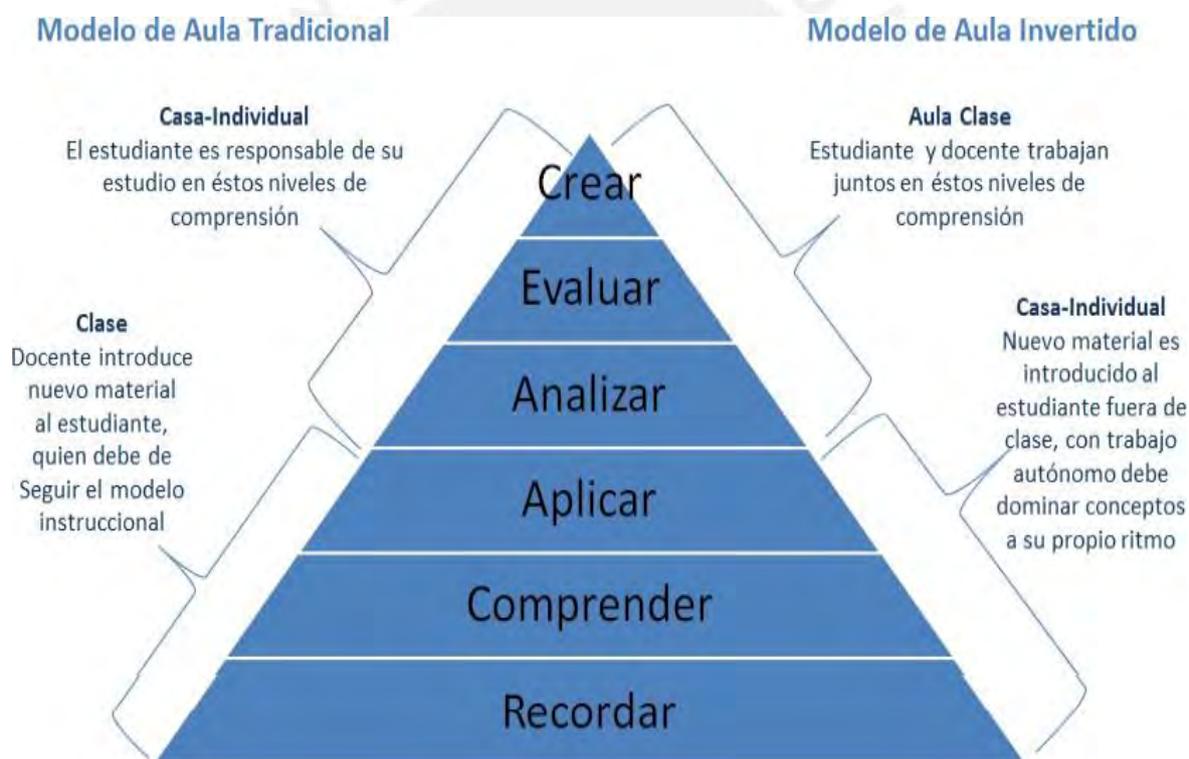
La definición más simple del Aula Invertida la realiza Lage et al, 2000, donde señalan que “invertir la clase significa que los eventos que tradicionalmente toman lugar dentro del aula ahora toman lugar fuera de clase y viceversa”. El modelo de

aprendizaje invertido mostrado en la Figura 2 manifiesta la diferencia con el modelo de Aula tradicional, y se puede apreciar que los procesos de nivel mayor son desarrollados con acompañamiento, consiguiendo una mejor comprensión del tema a tratar.

Una selección importante es cómo realizar la retroalimentación a los estudiantes en función de los resultados del aula invertida, si la tarea ha sido desarrollada de manera adecuada, pues algún comentario general asíncrono podría ser una buena alternativa, pero si la tarea no ha sido desarrollada correctamente una sesión síncrona es la mejor alternativa según Lee et al. 2016.

Figura 2

Taxonomía de Bloom



Nota. En la figura, se muestra las actividades a desarrollar en aula invertida vs aula tradicional. Tomado de *Tesis PUCP* (p 24), por Rodríguez, 2019

Lo que determina que no solo es definir qué actividades son remotas o previas a la sesión y que actividades son síncronas, sino lo que debe definirse con mucho criterio

es como se interrelacionan estas actividades para maximizar resultados y recursos tanto tecnológicos como humanos.

1.3.3 Aprendizaje cooperativo

Según Rodríguez et al (2017) El AC es un método de aprendizaje basado en el trabajo en equipo de los estudiantes. Incluye diversas y numerosas técnicas en las que los alumnos trabajan conjuntamente para lograr determinados objetivos comunes de los que son responsables todos los miembros del equipo.

Johnson y Holubec (1999) señalan que son cinco los elementos básicos que forman el AC.

1. La interdependencia positiva: puede definirse como el sentimiento de necesidad hacia el trabajo de los demás.
2. La interacción “cara a cara” o simultánea: en el AC, los estudiantes tienen que trabajar juntos, “aprender con otros”
3. La responsabilidad individual: cada miembro, individualmente, tiene que asumir la responsabilidad de conseguir las metas que se le han asignado.
4. Las habilidades sociales: necesarias para el buen funcionamiento y armonía del grupo, en lo referente al aprendizaje y también vinculadas a las relaciones entre los miembros.
5. La autoevaluación del grupo: implica, que a los alumnos se les dé la oportunidad y que sean capaces de evaluar el proceso de aprendizaje que ha seguido su grupo

Los trabajos grupales son comunes en la educación superior, pero el solo hecho de formar un grupo para realizar una actividad no implica un aprendizaje cooperativo, el aprendizaje radica en el apoyarse en los integrantes del grupo para llegar a entendimientos en conjunto y esto solo se logra con actividades muy bien desarrolladas para ese fin. Cabe mencionar también que el aprendizaje cooperativo se realiza con tareas y roles definidos por el docente.

1.3.4 Aprendizaje colaborativo

El aprendizaje colaborativo difiere del cooperativo en que el grupo de trabajo desarrolla el autoaprendizaje y el grupo es capaz de definir tareas en función de objetivos, distribuir las tareas teniendo como punto de referencia las habilidades y fortalezas de los participantes.

Para Collazos C. et al. (2001) el aprendizaje colaborativo es el uso instruccional de pequeños grupos que trabajan juntos para maximizar su propio aprendizaje. Las herramientas colaborativas deben enfatizar aspectos como el razonamiento, autoaprendizaje y aprendizaje colaborativo. Fomentando el trabajo colaborativo, desarrollo de competencias, las relaciones interpersonales y las habilidades sociales; ayudando a desarrollar valores de empatía, ayuda mutua, participación, solidaridad, la asunción de responsabilidades y la mejora de la comunicación, entre otros aspectos.

García (2021) afirma que el aprendizaje colaborativo mediado por internet debe ser estructurado y diseñado en programas de educación superior ya que se potencian no solo conocimientos sino también habilidades transversales de trabajo en equipo.

Al compartir la información, el estudiante responsable de cada tema podrá reflexionar si ha comprendido adecuadamente la lectura y podrá consultar al grupo algunas de las dificultades que ha tenido para entenderlas. Además, mediante este compartir, cada integrante se enriquecerá de la información global de la lectura y no solamente de lo preguntado en la tarea. Para el lector, el aprendizaje se vuelve significativo al retener la información, reestructurarla y poder reelaborarla al explicarla a los demás (Slavin et al, 2003).

Como es mencionado por Johnson et al, 1999, la reflexión por parte de los estudiantes sobre su propio desempeño y sobre la ejecución de la tarea permite que el trabajo colaborativo sea eficaz. El docente debe ayudar a los estudiantes en este proceso de reflexión a fin de que ellos puedan utilizar estrategias, metas cognitivas

durante la realización de la tarea grupal, que les permita evaluar si lo realizado va de acuerdo al objetivo de la clase, de la tarea y del grupo.

El aprendizaje colaborativo se enfoca en la meta, es estructurado y depende del docente mientras que el aprendizaje cooperativo se enfoca en el proceso y depende del alumno (Rodríguez, 2015) plantea el siguiente cuadro comparativo

Tabla 1

Diferencias entre el Aprendizaje Colaborativo y Cooperativo

| Características | Aprendizaje Colaborativo | Aprendizaje Cooperativo |
|----------------------------|--|--|
| Flexibilidad | Estimula la creatividad | Posee reglas rígidas |
| Preparación | Requiere de una preparación menos avanzada para trabajos con grupos de estudiantes | Requiere de una preparación más avanzada para trabajar con grupos de estudiantes |
| Uso de tecnología | Software: No determinante, flexible, debe brindar posibilidades virtualmente limitadas | Software: Es rígido, contiene todo lo que se puede y no hacer. |
| Asumir responsabilidades | Se da una división de tareas para posteriormente integrarlo para la consecución de los objetivos, la motivación es extrínseca. | Requiere de una división de tareas entre los componentes del grupo. |
| Participación o aportación | Los estudiantes deben de dudar de las respuestas | Los estudiantes deben aceptar las respuestas |
| Participación del profesor | Se comparte la responsabilidad, el conocimiento se construye de forma grupal. El profesor da las bases | El profesor es responsable de estructurar el proceso para llevar la tarea a cabo |

Nota. En la tabla, se muestra las actividades a desarrollar en aula invertida vs aula tradicional. Tomado de *El aprendizaje colaborativo y el aprendizaje cooperativo en el ámbito educativo* (p 9), por Rodríguez, 2015

1.3.5 Realidad Aumentada (RA)

Una dificultad que se presenta en la difusión de conceptos en ingeniería es el nivel de abstracción que se debe conseguir y el poder asegurar que todos imaginen lo mismo al describir los conceptos, los recursos como la RA disminuyen los tiempos de entendimiento y permiten que el alumno pueda describir los conceptos con sus propias palabras. Si bien esto también se podría realizar con videos, se entiende que el modelar un equipo y poder visualizarlo desde perspectivas diferentes teniendo el control de sus diversas opciones repercutirá en el entendimiento, el interés y la investigación.

Según Bazarof et al. (2017) las instituciones educativas están interesadas en introducir métodos más productivos para mejorar la interacción del aprendizaje y aumentar el nivel de comprensión y adquisición de información por parte de los alumnos. Los estudios realizados han permitido desarrollar nuevo material didáctico educativo. Los materiales de la aplicación móvil incluyen información de RA destinada a la realización de formación práctica y estudiando los elementos del estándar. Por tanto, es posible comparar los métodos de educación antes y después, así como evaluar los aspectos positivos y negativos de este material formativo en relación con el conocimiento y la motivación del alumno en relación con los materiales didácticos estándar; los estudiantes se sienten cómodos trabajando con los componentes de gráficos 3D. Además, la aplicación RA móvil es un programa intuitivo que no requiere estudio adicional.

1.3.6 Competencias

Hoy en día el concepto de competencias está vinculado también al desarrollo de modelos y proyectos educativos en instituciones de nivel superior, Serna et al. (2013) manifiesta que las competencias no solo son un conjunto de conocimientos sino también habilidades, destrezas, actitudes y valores que al ser aplicados en una tarea

o trabajo generan un mejor desempeño que ayuda al cumplimiento de objetivos del proceso pedagógico de aprendizaje. Por lo que estas competencias tienen como características habilidad, conocimiento, rol social, imagen, rasgos y motivos.

Las competencias que deben adquirir los estudiantes en las universidades son difundidas por cada una de las facultades; los cursos y laboratorios deben generar tareas y actividades para poder desarrollarlas de forma adecuada. Aquí aparece también la disyuntiva de cómo evaluar estas competencias, si manteniendo los mecanismos tradicionales de evaluación o aplicando mecanismos que permitan generar una evaluación más exacta de las competencias y los tiempos empleados para desarrollarlas, aunque esto signifique incrementar documentación y los tiempos de evaluación.

1.3.7 La Rúbrica

El desarrollo y empleo de rúbricas ha llevado a clarificar en el proceso de ejecución de actividades de aprendizaje lo que debe ser desarrollado por el estudiante y lo que debe ser evaluado por el docente. Una rúbrica da objetividad a la evaluación de desempeño de tareas o procesos e incluso de competencias personales, y sirve como un recurso de retroalimentación para el estudiante. Con las rúbricas y las evaluaciones objetivas podemos tener una referencia del nivel de aprendizaje de los estudiantes, pero tendríamos que tener en consideración otros parámetros del aprendizaje como los tiempos invertidos.

Stevens y Levi (2013) señalan seis razones para el uso de rúbricas:

- Brindan una retroalimentación oportuna.
- Preparan a los estudiantes para usar comentarios detallados.
- Fomentan el pensamiento crítico.
- Facilitan la comunicación entre los involucrados.
- Ayudan a refinar los métodos de enseñanza.
- Nivelan la relación entre los involucrados.

1.3.8 Desempeño académico

Ante las necesidades en el proceso de aprendizaje o enseñanza de cómo medir el conocimiento adquirido por los estudiantes durante el aprendizaje, aparecen términos como rendimiento, logro o desempeño académico. Algunos autores pueden considerar que son sinónimos como lo menciona Rodríguez (2019). El rendimiento o logro académico es definido como la adquisición de conocimiento o habilidades a través de la experiencia, el estudio o la enseñanza. El logro académico es comúnmente estudiado para medir el aprendizaje. El aprendizaje es medido por notas, evaluaciones del curso, pruebas estandarizadas, evaluaciones iniciales o finales, observación, análisis de la producción del estudiante, portafolios, entrevistas de salida y encuestas a estudiantes.

Actualmente las aptitudes no tienen un peso significativo en la calificación ya que la forma de poder evidenciar cuantitativamente el nivel alcanzado en el desarrollo de competencias por parte de los estudiantes es sin duda para muchas instituciones educativas el rendimiento académico que es basado en el resultado de evaluaciones objetivas. Probablemente en el transcurso del tiempo la forma de calcular este rendimiento tenga muchos cambios, pero actualmente con sus fortalezas y debilidades este concepto es uno de los referentes para la medición de proyectos educativos, ya que puede proporcionar un punto de partida a la implementación de los proyectos.

En la institución educativa donde se desarrolla la propuesta se entiende el rendimiento académico como una función de los resultados de las evaluaciones objetivas del curso, incluyendo la nota de las sesiones del laboratorio. Las notas de laboratorio pueden contener una nota de desempeño o actitud del alumno al realizar las actividades, pero representan un porcentaje mínimo.

Para esta investigación definiremos el desempeño académico no solo como una medida de las aptitudes y conocimiento sobre un determinado tema, sino también el tiempo invertido para conseguirlo. La propuesta centra su atención en conseguir el

desarrollo de conocimientos y habilidades en tiempos limitados, y debido a ello la necesidad de recurrir a metodologías y recursos tecnológicos existentes.

Un ejemplo aclaratorio de estos conceptos podría ser el siguiente: Los alumnos A y B obtienen exactamente las mismas notas en sus evaluaciones objetivas por ello sus promedios en el curso son iguales es decir a nivel de la institución ambos presentan el mismo rendimiento académico, pero si el alumno A invirtió 30 horas para conseguir estas notas mientras que el alumno B utilizó solo 10; tendríamos que el alumno B consiguió un mejor desempeño académico, pero este desempeño es más difícil de cuantificar e incluso es más importante para el estudiante que para la institución. Por ello la evaluación en el desempeño académico tal vez sea más objetiva desde una encuesta que desde el análisis en los promedios finales del curso.

También es importante entender que el desempeño puede depender de muchos factores ligados a cada estudiante como, por ejemplo: su capacidad de análisis, el conocimiento de los cursos previos, su grado de concentración, capacidad de trabajo en equipo, etc. Pero los recursos tecnológicos y metodologías activas soportan esta mejora.

1.4 Caracterización del contexto.

Los estudiantes del curso son jóvenes de entre 19 y 23 años que pertenecen en estos tiempos a la generación Z, que están en el 4to año de estudios universitarios y por iniciativa están inmersos en el uso de herramientas tecnológicas que son parte de su día a día, pero requieren reforzar competencias blandas de trabajo en equipo y comunicación asertiva.

Diaz et al. (2015) definen la generación Z como la que está conformada por todas aquellas personas que nacieron entre finales del siglo XX y la primera década del siglo XXI. La tecnología es, para la mayoría de ellos, parte central de su vida y casi una extensión de su propio cuerpo. Los Z enfocan el trabajo, el aprendizaje y los juegos de manera diferente, ya que captan rápidamente la información multimedia

de imágenes y videos, igual o mejor que si fuera texto. En su capacidad multitarea, pasan el menor tiempo posible en una tarea determinada y abren el mayor número de frentes posibles, provocando pérdida de productividad, disminución en la concentración y se acortan los períodos de atención, cambian muy rápido de un tema a otro. La generación Z tiende a ser mal oyente debido a que tiene menos en cuenta lo que otros tienen que decir.

La mayoría de los estudiantes acostumbrados, por las metodologías de aprendizaje usadas, a mecanizar el desarrollo de problemas, no analizan de los resultados y no pueden justificar técnicamente en detalle el principio de funcionamiento de los equipos y el comportamiento de los parámetros eléctricos.

Por otro lado, los docentes que por su especialidad no han seguido cursos sobre pedagogía, utilizan métodos de enseñanza que les fueron aplicados a ellos en su etapa de estudiantes, y si bien es discutible si estos métodos fueron apropiados o no, lo relevante es que las fortalezas, debilidades y necesidades de los estudiantes de hoy son diferentes a las de 5, 10 o 20 años atrás. Y no conocer las características de la generación que está en las aulas puede influir en crear un rechazo a ciertos cursos y no precisamente por los temas sino por la forma de desarrollarlos.

Para los laboratorios presenciales la institución cuenta con un ambiente que contiene Fuentes de tensión, Motores Jaula Ardilla, Motores de Rotor Bobinado, Generadores Síncronos y Motores DC como equipos a ser evaluados, equipos para generar condiciones de evaluación y con instrumentos de medición de parámetros eléctricos. Debido al aislamiento social producto de la pandemia se utiliza desde el 2020-1 la plataforma LV-SIM que cuenta con equipos e instrumentos similares y ha permitido pasar del laboratorio presencial al virtual sin cambios radicales de objetivos o competencias.

El curso de Máquinas Eléctricas tiene catorce sesiones de teoría de tres horas por semana, los laboratorios se estructuran en horarios de nueve alumnos y tres jefes de práctica con cinco sesiones de tres horas cada quince días.

Figura 3

Horarios de clase y laboratorios del curso de Máquinas Eléctricas

| Nombre del curso | Cr. | Tipo Hor. | Hor. | Mat. | Profesor | Sesiones |
|---------------------|------|-----------|------|------|----------|--|
| MÁQUINAS ELÉCTRICAS | 4.25 | Cla | 0811 | 45 | | VIE 10:00-13:00 C A207 |
| | | Pra | 0811 | 45 | | SAB 15:00-17:00 AA201 SAB 15:00-17:00 AA202 |
| | | Lab | 0811 | 9 | | MAR 14:00-17:00 K U109 |
| | | Lab | 0812 | 9 | | LUN 14:00-17:00 K U109 |
| | | Lab | 0813 | 9 | | MIE 14:00-17:00 K U109 |
| | | Lab | 0814 | 9 | | VIE 14:00-17:00 K U109 |
| | | Lab | 0815 | 9 | | MAR 17:00-20:00 K U109 |
| | | Exa | 0811 | 45 | | SAB 08:00-11:00 E A403 SAB 08:00-11:00 E A405 |

Nota. En la figura se muestran los horarios, la cantidad de matriculados, los días y la secuencias en la que se realizan las sesiones.

La metodología de enseñanza en el laboratorio sigue la estructura de las clases magistrales. El laboratorio empieza con una evaluación de entrada, que mide los conceptos que se encuentran en la guía del tema a desarrollar y los libros del curso, cuenta con una duración de 20 min. Luego, se realiza una revisión de los principios del funcionamiento, para ello el jefe de práctica realiza una exposición utilizando según el tema componentes desarmados, fotografía o pizarras, resuelve o realiza preguntas en aproximadamente 35 min.

Después, los alumnos realizan el cableado e instalación de instrumentos, así como medición de parámetros eléctricos estáticos, según los esquemas de la guía. El jefe de práctica distribuye a los estudiantes las tareas de seguridad, recopilación de información y modificación de condiciones del equipo en 30 minutos, revisa la instalación, da la aprobación para energizar el circuito y realizar las tomas de datos, es decir la medición de parámetros eléctricos variables, a diferentes condiciones y configuraciones todo se realiza según las indicaciones del jefe de práctica, esto dentro del lapso de 60 a 70 minutos.

Finalmente se tienen entre diez a veinte minutos para que se ordenen en equipos e instrumentos. Se realiza por parte del jefe de práctica una explicación de los cálculos

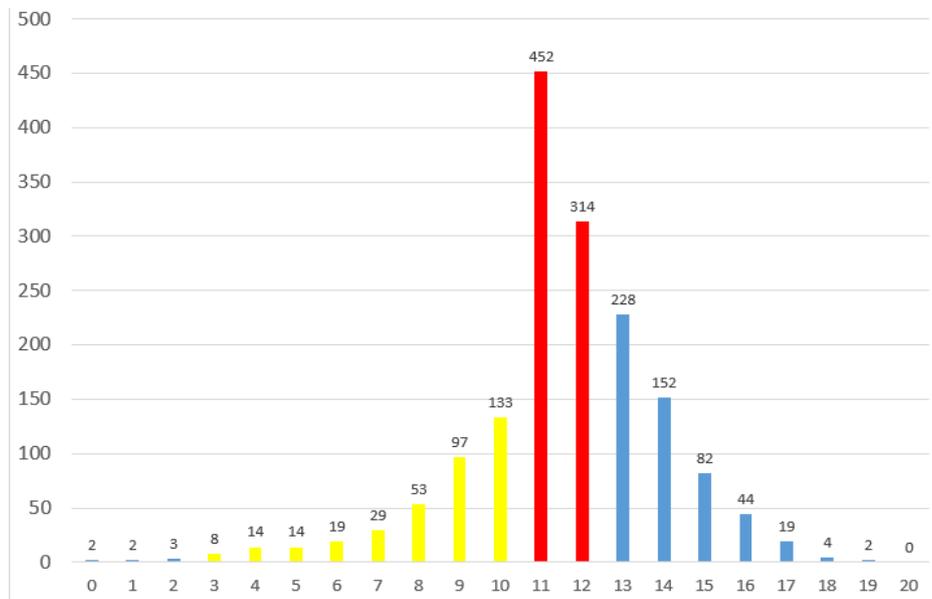
y gráficos que se deben realizar en el informe y se resuelve consultas que puedan tener los estudiantes, con esto se finaliza la sesión. Los alumnos deben reunirse después de la sesión por iniciativa propia para revisar sus resultados de cálculo, ver las gráficas obtenidas, determinar observaciones, conclusiones y elaborar el informe que es entregado a los tres días de realizado el laboratorio. Cabe mencionar que como las actividades síncronas son desarrolladas con el permanente acompañamiento del jefe de práctica, las guías no detallan los pasos exactos a seguir y son muy generales.

Debido a la pandemia la universidad ha adquirido un software que permite realizar los ensayos utilizando la misma estructura de la metodología presencial. Las evaluaciones son realizadas en línea a través de una plataforma institucional, la explicación de conceptos se realiza mediante la plataforma de conferencias Zoom y el desarrollo de la toma de datos lo hace cada estudiante ingresando al software, compartiendo la imagen de la pantalla en la sesión si el jefe de práctica lo requiere, llevan el simulador a las condiciones solicitadas para las diversas tomas. Los datos y la información son colocadas en un Excel, se completan las tablas para la evaluación del equipo. Finalmente se resuelven preguntas de los alumnos sobre la información obtenida y se dan las pautas para la generación del informe.

Las estadísticas del curso en los últimos 16 años (2006-2 al 2021-1) en 30 semestres muestra para una población de 1671 alumnos la siguiente distribución de notas.

Figura 4

Histograma de notas acumuladas



Nota: Notas acumuladas de 16 semestres del curso de máquinas eléctricas.

Revisando las estadísticas del curso de Máquinas Eléctricas se observa que 60 % de los estudiantes, barras rojas, pasan el curso con casi el mínimo aprobatorio y solo el 4% presenta notas mayores a 16. Esta debilidad en el desarrollo de competencias ocasiona en los estudiantes poco interés en el área eléctrica, genera una producción limitada de investigaciones y una falta de reconocimiento del área eléctrica de la carrera a nivel industrial.

1.5 Objetivos y metas.

1.5.1 Objetivo general

- Mejorar el desempeño académico de los estudiantes del curso de Máquinas eléctricas para lograr las competencias requeridas en la carrera de ingeniería con el empleo de metodologías activas y recursos tecnológicos en las sesiones del laboratorio.

1.5.2 Objetivos específicos

- Incorporar la metodología de aula invertida como estrategia de aprendizaje en los laboratorios del curso de Máquinas Eléctricas.
- Incorporar la metodología de aprendizaje colaborativo y cooperativo como estrategia de aprendizaje en el curso de Máquinas Eléctricas.
- Incorporar el uso de la RA y otros recursos tecnológicos como parte de la estrategia de enseñanza.
- Rediseñar las evaluaciones sumativas en función de las actividades del laboratorio.

1.5.3 Metas

a. Metas de Ocupación

- Contar con ocho jefes de Práctica de laboratorio con dominio del tema técnico, con capacidad de dirección de actividades colaborativas que guíen al alumno a conseguir los objetivos de aprendizaje.

b. Metas de Implementación

- Desarrollo de cinco talleres de capacitación para jefes de práctica para facilitar el desarrollo de las sesiones de laboratorio.
- Desarrollar cinco sesiones con cuatro repeticiones por sesión, manteniendo la metodología propuesta e involucrando a los alumnos del curso.

c. Metas de Producción

- Cinco guías de laboratorio para el desarrollo de ensayos con aplicación de metodología de aula invertida, diez audios, diez videos previos al laboratorio, enlaces de materiales y canales de comunicación en plataforma institucional.
- Cinco modelos 3D para RA que den soporte a la explicación de la forma de operación del equipo y cuestionarios de comprensión de conceptos.
- Cinco evaluaciones formativas con experiencias calculadas de laboratorio

- Diez evaluaciones sumativas en función de objetivos y ensayos de laboratorio.
- Cinco rúbricas de laboratorio para medir el desempeño.

1.6 Estrategia Operativa

1.6.1 Fases:

La realización de la propuesta supone planteamiento de trayectorias a partir de los objetivos específicos propuestos. Todo esto se distribuye en las siete fases que tiene la propuesta.

Fase 1: Sensibilización y coordinación con los involucrados.

La propuesta comienza con la presentación de las bases y objetivos de la propuesta al docente encargado del dictado del curso y al jefe de sección, para verificar que las actividades a desarrollar estén acordes con los objetivos del curso y que generen un valor agregado que capte la atención de los estudiantes y los involucre en su aprendizaje mejorando el desempeño académico.

Con la aprobación de los lineamientos, se presenta a todos los docentes y jefes de practica involucrados en la implementación: los objetivos, beneficios, líneas de tiempo, metas, actividades de involucramiento y al investigador responsable de la propuesta; a fin de que puedan brindar el apoyo en las diversas etapas de la implementación. Debido a que los entregables de la implementación radican en la ejecución de recursos de aprendizaje y planificación de actividades, el investigador puede recopilar información de los involucrados y proponer la estructura y contenido de los entregables, pero todo debe tener la aprobación del docente del curso.

Fase 2: Planificación.

Se desarrolla una estructura general de la sesión del laboratorio en la que cambien los recursos de acuerdo al tema a desarrollar, 5 temas para las 5 sesiones de laboratorio. Esta estructura contempla un aprendizaje basado en la taxonomía de Bloom, que inicia con pensamientos de orden inferior como conocer, comprender, aplicar y continuar con conocimientos de orden superior como analizar y evaluar.

El diseño contempla el trazado de actividades técnicas propias del tema a desarrollar, distribuidas de una forma que permita el aporte de todos los estudiantes. Estas actividades, como lo muestra la figura 2, se dividirán en una actividad síncrona y una actividad previa asíncrona de aula invertida.

Por ello, el diseño plantea crear actividades que en la primera etapa de pensamientos de orden inferior utilicen autoaprendizaje y aprendizaje cooperativo de forma asíncrona por medio del Aula Invertida, teniendo como recursos pedagógicos aplicativos de RA, Software de simulación LVSIM y Hojas de Excel Colaborativo.

Para el desarrollo de actividades de pensamientos de orden superior se plantea en forma síncrona utilizar aprendizaje colaborativo adaptado al análisis del aplicativo de RA, los resultados obtenidos en los ensayos y a la resolución de la tarea académica que es un aprendizaje basado en casos (ABC).

El diseño de las actividades estará a cargo del investigador, pero el docente del curso es el que validará su aprobación.

El diseño incluye la revisión y/o reescritura de los objetivos y competencias a desarrollar en cada sesión del laboratorio, verificando que cumplan los requerimientos del curso y que estén expresados de forma simple y entendible para docentes y alumnos. Las competencias que se deben desarrollar de forma general en cada sesión de laboratorio son:

- Explicar la forma constructiva del equipo a evaluar.
- Explicar el principio de función
- amiento físico, eléctrico y magnético del equipo a ensayar.
- Calcular parámetros constructivos del equipo en función de un modelo matemático.
- Analizar el comportamiento de las variables eléctricas y mecánicas del equipo en operación y en falla.
- Seleccionar técnicamente un equipo en función de los requerimientos determinando ventajas y desventajas operativas.

Para conseguir lo anterior, la propuesta contempla invertir el acompañamiento docente en las actividades, utilizar metodologías activas y recursos tecnológicos de forma que el alumno se involucre más en su aprendizaje y mejore su desempeño académico.

Se proponen tres etapas para el desarrollo de los laboratorios:

- La etapa previa a la sesión contempla la revisión de conceptos, la ejecución de los ensayos por medio del simulador, el llenado de los resultados en tablas, la generación de curvas de tendencias y finalmente el control de lectura del laboratorio. Se entrega a los estudiantes un aplicativo de RA donde el participante pueda ver los componentes internos y los principios eléctricos y magnéticos que producen la operación, este aplicativo va acompañado de un cuestionario de autoevaluación de cinco preguntas de opción múltiple, que tiene como misión generar un entendimiento ordenado. Se rediseñan las guías del laboratorio teniendo como soporte el software de simulación y el hecho que los alumnos pueden usarlo en cualquier momento. Las guías detallan los conceptos fundamentales y el paso a paso de cómo realizar los ensayos, se acompaña la guía con un video tutorial de 5 minutos de duración donde se aprecia la ejecución y toma un par de puntos de cada ensayo, los datos deben ser colocados en un Excel colaborativo. La cantidad total de puntos es distribuida entre los integrantes del grupo, los cuales al finalizar las tomas deben generar curvas de tendencias y evaluar la coherencia en los datos tomados, si los datos no presentan una tendencia teórica deben evaluar cómo están configurando sus instrumentos y hacer la corrección al compañero que genera la inconsistencia así como también debatir las preguntas del aplicativo; luego de esto, el alumno debe ingresar a la plataforma y realizar su control de lectura en línea antes de la realización de la sesión. El control de lectura consiste en 4 o 5 preguntas de opción múltiples referidas a conceptos fundamentales, el aplicativo y condiciones de los ensayos realizados.
- La etapa de desarrollo de la sesión contempla la retroalimentación del control de lectura, la explicación de principios de funcionamiento y operación de los equipos mediante recursos tecnológicos, la validación de los resultados obtenidos en los

ensayos, el acompañamiento docente en el planteamiento y resolución de los cálculos de parámetros de los equipos, así como en los problemas de la tarea académica. Esta tarea académica consiste en desarrollar hojas de cálculo para determinar el comportamiento de los parámetros eléctricos del equipo ante una condición de operación o en responder a requerimientos de un cliente, recreando la solución en la plataforma de simulación LVSIM.

- La etapa final post sesión contempla que los integrantes del grupo plasmen en un informe, la información obtenida según el formato de la sección y la resolución de la tarea académica, teniendo tres días para analizar y verificar el contenido, luego de la entrega deben ingresar a la plataforma y realizar la prueba de salida que consiste en cuatro o cinco preguntas de opción múltiple referidas a evaluar y analizar el comportamiento de parámetros del equipo en operación. De esta manera, se completan las actividades propuestas de la sesión del laboratorio.

Fase 3: Implementación.

La implementación se lleva a cabo con la elaboración de los recursos, rediseño de guías de laboratorio con un formato que muestre los objetivos y el detalle paso a paso de cada uno de los ensayos a realizar, de manera que el alumno pueda ejecutar en el simulador los ensayos sin acompañamiento docente. Se trata de elaborar videos de ensayos donde se muestre, la forma de realizar las conexiones, configuraciones y la toma de un par de puntos por ensayo; las tablas de puntos de los ensayos en un Excel colaborativo; los controles de lectura donde se pueda medir la revisión de la guía previa a la ejecución del laboratorio.

El desarrollo de los aplicativos tal vez es la parte que requiera mayor tiempo, no solo por la elaboración propia sino también por identificar cómo puede mejorar la comprensión de los conceptos de funcionamiento y operación del equipo. El aplicativo contempla por ello la visualización de las partes principales del equipo a ensayar y permite visualizar mediante representaciones los campos magnéticos que generan el funcionamiento de los equipos.

La prueba de salida debe medir el entendimiento de los procesos de operación y falla de los equipos, así como una evaluación de los ensayos, sus resultados y la aplicación de la información en un ambiente laboral.

Fase 4: Ejecución

Los lineamientos son entregados a los jefes de práctica, quienes estarán a cargo del monitoreo, ejecución y control de las actividades. Para ello se realizan talleres previos con todos los jefes de práctica donde se desarrollan las actividades por cada sesión, para que cada grupo de alumnos tenga una experiencia similar independiente del jefe de práctica asignado.

Los jefes de práctica de cada grupo son los responsables del desarrollo de la sesión bajo el lineamiento de la propuesta y tienen la libertad de direccionar la sesión según su criterio y experiencia.

Fase 5: Encuestas y Entrevistas

En esta fase se realizarán encuestas y entrevistas a los involucrados del curso, alumnos, docente, jefes de práctica y jefe de sección. Asimismo, se revisará la forma de plantear los problemas, las notas de las prácticas y exámenes y los promedios finales.

La recopilación de la información debe estar a cargo del investigador, pero el análisis de los resultados debe realizarse con el acompañamiento del docente del curso.

Fase 6: Difusión.

La difusión de lineamientos, información, modo de ejecución, materiales y otras necesidades se realizará de acuerdo a los involucrados, en el caso de información general a alumnos, se realiza en la sesión de clase y está a cargo del docente, en el caso de información particular, realimentaciones o evaluación puntal, se realiza en los laboratorios entre alumnos de un grupo y jefes de práctica, la información de cómo realizar las actividades será por medio de reuniones del docente, jefes de prácticas y el investigador. La difusión de la propuesta, sus objetivos y resultados debe estar a cargo del docente del curso.

Fase 7: Monitoreo.

Después de cada laboratorio se realiza la revisión de las evaluaciones, se identifican los puntos no comprendidos, para que puedan ser repasados en clase antes de las prácticas calificadas, se elaboran dos encuestas a los estudiantes, referidas a su apreciación sobre el desarrollo de las sesiones del laboratorio, una antes del examen parcial y la otra antes del examen final. Estas encuestas permitirán reajustar las actividades o estructura en función del punto de vista usuario. El monitoreo debe estar a cargo del investigador, pero el análisis de los resultados debe realizarse con el acompañamiento del docente del curso.

1.6.2 Riesgos:

Los riesgos contemplados para el desarrollo de la propuesta son:

- El docente, los jefes de práctica o el jefe de sección, no estén de acuerdo con las metodologías, porque podrían originar una inversión de tiempo y/o dinero, y la acción frente a esto sería mostrar de forma clara los beneficios para sensibilizarlos con la propuesta.
- Plantear actividades que no permitan conseguir las competencias, que generen mucha carga cognitiva a los estudiantes o requieran mucho tiempo para ser desarrolladas y la acción frente a esto es pedir opiniones, realizar las actividades y medir los tiempos, crear actividades o resoluciones de respaldo y estar dispuestos a realizar modificaciones si estas permiten mejorar las experiencias.
- Desarrollar recursos con errores, no acabarlos a tiempo, que los recursos generen actividades muy extensas o complicadas y la acción frente a esto es realizar revisiones por parte de todos los usuarios responsables de la docencia, definir los objetivos principales que deben ser cubiertos y darles prioridad según los límites de tiempo, en el caso de los aplicativos usar las Heurísticas de Nielsen para verificar el diseño de la interface usuario.
- Los participantes no desarrollan las actividades propuestas para la sesión, no participan activamente, o no tienen los conocimientos básicos o la predisposición para realizar las actividades, la acción a tomar dependerá del jefe de práctica del

grupo entendiendo que debe evaluar si pueden cubrirse los objetivos en el tiempo asignado.

1.7 Recursos Humanos.

La propuesta para su implementación requiere de la colaboración de:

- El docente del curso. Es el encargado de definir los objetivos y verificar que se están cumpliendo, así como de realizar coordinaciones con los jefes de práctica. Responsable de validar los materiales didácticos y de selección de equipos a modelar y definir acciones correctivas en base a encuestas.
- Ocho jefes de práctica cuya edad promedio es de 40 años. Son los encargados de la ejecución de la propuesta, apoyar en la modificación de materiales didácticos y selección de equipos a modelar y plantear modificaciones o acciones correctivas en base a encuestas.
- El investigador, en la etapa de desarrollo define lineamientos de los recursos y los procedimientos. Supervisa la implementación de la propuesta y recopila la información.

1.8 Sostenibilidad.

Sostenibilidad económica y financiera, si se invierte en la adquisición de equipos electrónicos caso de Tablet o visores, el costo de mantenimiento es mínimo y su tiempo de reposición o cambio es 5 años y este costo puede ser prorrateado. Además, el costo de adquisición no limita la propuesta ya que puede utilizar los dispositivos móviles de estudiantes y jefes de práctica. El desarrollo será generado con personal de la institución educativa, lo que disminuirá la inversión.

La sostenibilidad técnica o cualitativa, está garantizada por el compromiso de los involucrados para buscar siempre la mejor forma de llegar al alumno, el problema radica en no tener las herramientas pedagógicas que deben ser reforzadas en los periodos vacacionales como talleres a docentes.

Habría que tener en cuenta también que la propuesta está alineada con la visión de la institución.

- Ser un referente académico nacional e internacional en la formación integral, multi e interdisciplinar.
- Ser reconocida a nivel nacional e internacional por la calidad de sus investigaciones.

Y los valores de “Excelencia académica” que es lo que busca esta propuesta al mejorar la comprensión de los temas del curso y el desempeño académico.

Con respecto a la viabilidad de la propuesta, se sustenta la parte técnica mediante el recurso humano, la misión y plan estratégico de la institución. La viabilidad jurídica se encuentra normada por los lineamientos y la ética de la institución donde se desarrolla la propuesta de innovación. Por otro lado, en el ámbito sociocultural, esta viabilidad está sustentada por el grado de aceptación y necesidad del alumnado a la propuesta, ante el reconocimiento de sus competencias a desarrollar. La viabilidad económica se apoya en que la implementación de metodologías activas tiene por costo el recurso humano, horas de diseño que son parte del tiempo que invierten en desarrollo de material los jefes de práctica y docentes del curso; la institución cuenta con un centro de tecnologías exponenciales en el área de ingeniería, que brindan un soporte para la generación de modelos 3D y videos.

1.9 Presupuesto.

Se elabora el presupuesto a partir de los objetivos propuestos.

Tabla 2

Presupuesto de la propuesta de innovación – Costos de RRHH

| Objetivos Específicos | Actividades | Costo /Hora | Cantidad de Horas | Costo Parcial | Costo por objetivo |
|---|---|-------------|-------------------|---------------|--------------------|
| - Replantear objetivos y competencias de las sesiones de laboratorio según requerimientos del curso. | Sesiones de reelaboración de objetivos y competencias | S/ 40.00 | 15 | S/ 600.00 | S/ 600.00 |
| - Incorporar el aula invertida como estrategia de aprendizaje en los laboratorios del curso de | Modificación de guías | S/ 40.00 | 40 | S/ 1,600.00 | S/ 3,600.00 |
| | Creación de videos y audios | S/ 40.00 | 40 | S/ 1,600.00 | |
| | Elaboración de preguntas formativas | S/ 10.00 | 40 | S/ 400.00 | |
| - Incorporar metodologías de aprendizaje colaborativo como estrategia de aprendizaje. | Diseño y elaboración de actividades colaborativas para cada sesión | S/ 40.00 | 30 | S/ 1,200.00 | S/ 1,200.00 |
| - Incorporar el uso de la realidad aumentada y otros recursos tecnológicos como parte de la estrategia de | Modelamiento de equipos en 3D (4 equipos) | S/ 35.00 | 160 | S/ 5,600.00 | S/ 11,900.00 |
| | Desarrollo de aplicativos (5 APK) | S/ 35.00 | 180 | S/ 6,300.00 | |
| - Actualizar el sistema de evaluación de los laboratorios del curso. | Elaborar evaluación en función a competencias, objetivos y material difundido | S/ 40.00 | 30 | S/ 1,200.00 | S/ 1,200.00 |
| Costo Total | | | | | S/ 18,500.00 |

Nota. La tabla muestra los costos de los recursos humanos para el proyecto.

Tabla 3

Presupuesto de la propuesta de Implementación - Activos

| Opcion | Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|----------|---|----------|----------------|-------------|
| Opción A | Uso de celulares propios de alumnos. O compra de celulares de gama media | 3 | S/ 1,200.00 | S/ 3,600.00 |
| Opción B | Tablets: PC S7 Samsung SM-T870NZKUPEO | 3 | S/ 2,609.00 | S/ 7,827.00 |

Nota. La tabla muestra los costos de los equipos de visualización de RA para el laboratorio.

Tabla 4

Costo total del proyecto

| Tipo de opción | Costo total |
|-----------------|--------------|
| Opción A + RRHH | S/ 22,100.00 |
| Opción B + RRHH | S/ 26,327.00 |

Nota. La tabla muestra el costo total del proyecto según las dos opciones de los equipos de visualización de RA.

1.10 Cronograma.

El cronograma de trabajo está desarrollado de la siguiente manera:

Tabla 5

Cronograma de trabajo de la propuesta de innovación

| Actividades | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | | Julio | | | |
|---|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|---|-------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Fase 1: Sensibilización y coordinación con los involucrados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reuniones con involucrados en la elaboración y ejecución del proyecto de innovación (docentes y JP) | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 2: Diseño del proyecto. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de materiales existentes | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de estructuras de las sesiones del Laboratorio, identificar recursos | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 3: Implementación. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de actividades según diseño de la propuesta | | | | | | x | x | | | x | x | | | x | x | | | x | x | | | x | x | | | | | | | |
| Elaboración de recursos según diseño de la propuesta | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| Validación de actividades y recursos | | | | | | x | | | x | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 4: Desarrollo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ejecución de la propuesta | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | | | x | x | x | | | | | | | | |
| Colección de información | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | | | x | x | x | x | x | | | x | | | |
| Fase 5: Evaluación. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Evaluación de recursos | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | |
| Evaluación de actividades | | | | | | | | | x | | | x | | | | | | | x | | | x | | | | | | | | |
| Ejecución de encuestas y evaluaciones | | | | | | | | | | | | x | | x | | x | | | x | | x | | | x | | | x | | | |
| Fase 6: Difusión. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Difusión de la información | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | | | x | x | x | | | | | | x | |
| Fase 7: Monitoreo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reuniones con involucrados para el monitoreo de resultados y mejora continua | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | x | | | | x | | | | x | |

Nota. La tabla muestra el cronograma del proyecto por semana.

CAPÍTULO 2

INFORME DE LA EJECUCIÓN DE LA EXPERIENCIA PILOTO

La experiencia piloto es aplicada a dos de las cinco sesiones del laboratorio del curso de Máquinas Eléctricas, la sesión 3 donde se realiza el ensayo de “Generador Síncrono” y la sesión 4 donde se realizó el ensayo de “Motor Síncrono”. En la sesión del “Generador Síncrono” se aplicaron actividades de manera parcial para no producir un cambio radical con respecto a las sesiones previas tanto para estudiantes como para jefes de práctica, en la sesión del “Motor Síncrono” se aplicaron las actividades propuestas salvo la prueba de salida debido a que no todos los horarios de laboratorio desarrollaron la propuesta y la cantidad de notas y el peso debe ser el mismo para cada uno de los alumnos. Por ello el tiempo de preparación de materiales es cuatro semanas y la ejecución de actividades del piloto cuatro semanas más.

La experiencia piloto tiene como objetivo principal:

- Mejorar el desempeño académico de los estudiantes del curso de Máquinas eléctricas en la sesión de laboratorio de motores asíncronos.

Para ello se desarrollan los siguientes objetivos específicos:

- Incorporar la metodología de aula invertida como estrategia de aprendizaje en la sesión 3 y 4 del curso de Máquinas Eléctricas.
- Incorporar la metodología de aprendizaje colaborativo y cooperativo como estrategia de aprendizaje en la sesión 4 del curso de Máquinas Eléctricas.
- Incorporar el uso de la RA como parte de la estrategia de enseñanza de la sesión 4 del curso de Máquinas Eléctricas.

2.1 Mecanismo de evaluación del piloto.

Los mecanismos de evaluación de la experiencia piloto buscan medir de forma subjetiva la percepción de los involucrados frente a la implementación de nuevas metodologías de aprendizaje y de forma objetiva, la mejora en el desempeño o calificación de los alumnos en el curso. Para la experiencia piloto se han considerado 4 mecanismos de evaluación.

2.1.1 Encuesta en línea a los involucrados.

En la encuesta se mide la percepción del uso de las metodologías activas y se recogen las sugeridas de los estudiantes en torno al proceso de aprendizaje mediante preguntas que han sido agrupadas en 2 bloques principales:

- Aula Invertida, trabajo previo a la sesión y aprendizaje cooperativo.
- Desarrollo del laboratorio incluyendo la actividad de generar solución a problemas, en función de la información obtenida en los ensayos.

2.1.2 Rúbricas.

Las rúbricas tienen como función la evaluación objetiva independiente del punto de vista del evaluador.

Se ha utilizado una rúbrica para evaluar el desempeño en el laboratorio. Es decir, cómo desarrollan, culminan y presentan las actividades planteadas en la sesión. Esta rúbrica debe ser llenada durante la sesión síncrona en función de las actividades desarrolladas por los estudiantes.

Las rúbricas son una referencia para medir la comprensión de los conceptos del laboratorio y es alineada a la nota de participación obtenida por el estudiante en la sesión.

2.1.3 Estadística de resultados.

Se recopilan las notas del control de lectura de los laboratorios, las pruebas de salida, la puntuación de las preguntas de la 4ta práctica y del Examen Final, que están relacionadas al tema de la sesión en la que se realizó la experiencia piloto.

2.1.4 Entrevista.

Se realizan entrevistas a estudiantes, para recoger su opinión y sugerencias sobre la metodología usada en las sesiones del laboratorio de forma directa. Se selecciona una muestra representativa del aula.

2.2 Instrumentos utilizados para la recolección de información.

Para la recolección de información electrónica se utilizaron diversos formatos y plataformas como:

2.2.1 Documentos en Drive – Documentos Excel Colaborativos.

Para la metodología de aula invertida se han generado en el Drive. En las tablas que señalan los alumnos de Excel para cada uno de los grupos en los distintos horarios de laboratorio del curso. En las tablas que se señalan los alumnos colocan los resultados obtenidos en sus ensayos. Cada participante es responsable de una serie de datos, pero el grupo debe trabajar cooperativamente para detectar incoherencia en sus resultados y realizar las correcciones necesarias, los jefes de práctica tienen el acceso para verificar los datos del grupo a su cargo y solicitar las correcciones si los errores no son detectados por los participantes.

2.2.2 Grabación de Sesiones de Laboratorios.

Las sesiones de Laboratorio por sugerencia de la Facultad deben ser grabadas y colocadas en la plataforma institucional, esto permite ver si las metodologías han sido correctamente aplicadas y sirve como un feedback para los jefes de práctica.

2.2.3 Controles de Lectura del Laboratorio.

Los controles de lectura buscan medir el conocimiento con el que los participantes ingresan al laboratorio, conocimiento que es reforzado por las actividades de aula invertida. Los controles de lectura fueron colocados en la plataforma institucional.

2.2.4 Tarea Académica e Informe del Laboratorio.

La tarea académica tiene como objetivo conocer cómo se utiliza la información obtenida en los ensayos, mientras que el informe busca analizar el criterio técnico desarrollado por un aprendizaje colaborativo para determinar comportamientos del equipo ante diversas condiciones de operación.

2.2.5 Prueba de salida del Laboratorio.

La prueba de salida busca medir el conocimiento individual con el que los participantes finalizan las actividades del laboratorio, al igual que los controles de lectura las pruebas de salida han sido colocadas en la plataforma institucional.

2.2.6 4ta Práctica Calificada y Examen Final.

La práctica calificada y el examen final, son elaborados por la comprensión de los temas teóricos, mediante el desarrollo de ejercicios propuestos. Estos instrumentos son útiles en tanto permiten analizar la comprensión de los temas teóricos.

2.3 El proceso de ejecución de la experiencia piloto.

Se explica cómo se ha realizado la sesión 4 de “Motor Síncrono”. Teniendo como base que las sesiones son ejecutadas en grupos de 3 alumnos y un jefe de práctica.

Inicialmente se determinó cuatro agrupamientos de materiales, aquellos que sirven para comprender el funcionamiento del equipo, aquellos que permitirán realizar los

ensayos, los que asocian los resultados de los ensayos a situaciones reales y finalmente las evaluaciones sumativas.

Para el primer agrupamiento se elaboró un aplicativo de RA, la finalidad es que permita determinar las partes que conforman el Motor Síncrono, poder visualizar cómo aparecen los campos magnéticos que generan su funcionamiento, el consumo eléctrico requerido y cómo estas variables se alteran al modificar las condiciones de operación. Para el aplicativo se creó un modelo digital 3D teniendo como referencia el equipo síncrono que se tiene en la institución, la programación se realizó viendo la mejor forma de mostrar todos los comportamientos principales del equipo. Se crea como complemento una guía para el uso del aplicativo y un cuestionario de autoevaluación cuyo fin es guiar el autoaprendizaje.

En el segundo agrupamiento se definió que para poder determinar el comportamiento del Motor Síncrono se requerían 6 ensayos, la cantidad de puntos requeridos en cada uno en promedio es cerca de 15, con esta información se preparó la guía de laboratorio detallando cómo realizar cada ensayo por medio del simulador, se acompañó esta guía con un video instructivo que mostraba la ejecución de los ensayos y la toma de un par de puntos. Se distribuyen los puntos requeridos entre los estudiantes del grupo indicando esta asignación de un Excel colaborativo donde los estudiantes deben colocar la información en tablas ya estructuradas, para que luego el grupo pueda generar las curvas de tendencia.

Para el tercer agrupamiento se desarrolló una tarea académica conformada por 3 actividades que permitan relacionar la información de los ensayos con situaciones laborales, estas actividades no solo deben ser desarrolladas por cálculo o uso de tablas sino también deben ser verificadas utilizando el simulador.

Para terminar con la ejecución de recursos se elaboraron dos evaluaciones, una denominada control de lectura que mide el conocimiento inicial del funcionamiento y las condiciones y desarrollos de los ensayos, la otra denominada prueba de salida que mide el entendimiento y planteamiento del equipo para cualquier condición de

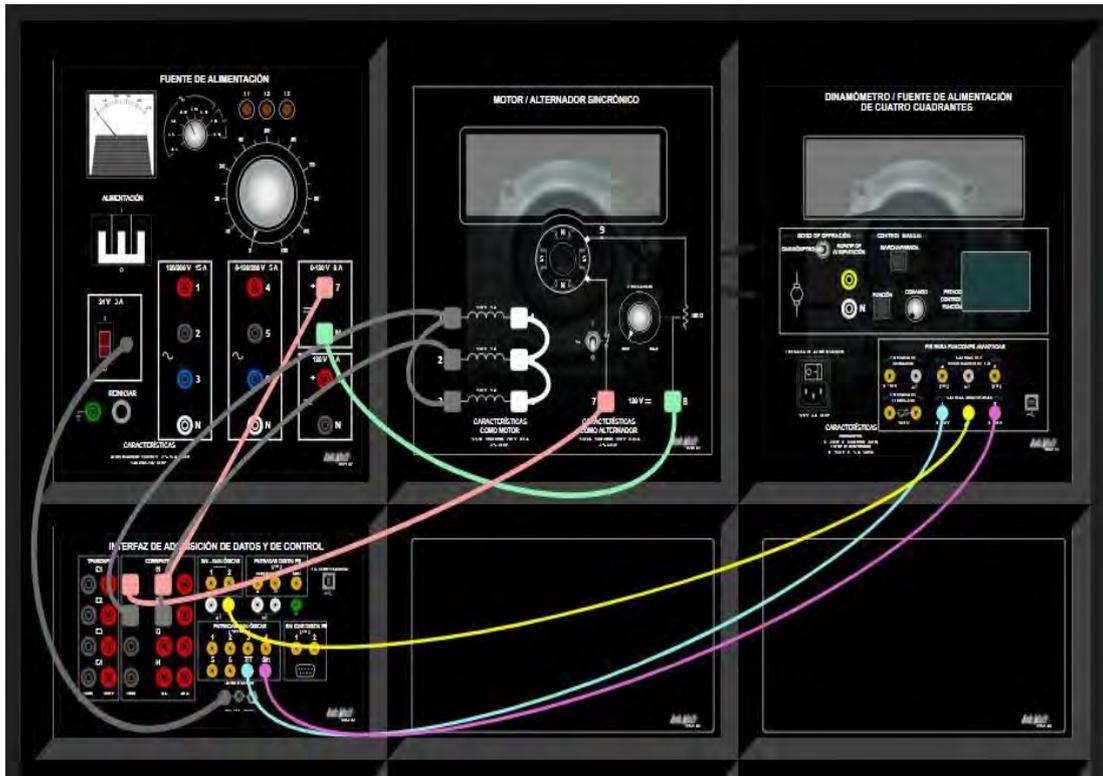
operación o falla. Con los materiales o recursos académicos ya desarrollados, la ejecución de las actividades es la siguiente:

2.3.1 Etapa previa a la sesión - aula invertida.

Se aplicó la metodología aula invertida, días antes de la sesión del laboratorio. Los estudiantes ingresaron al simulador FESTO LVSIM-EMS y realizaron pruebas experimentales descritas en la guía. Los estudiantes tuvieron el apoyo de un video instructivo para esta tarea. El trabajo fue grupal y realizado de manera asíncrona, bajo los lineamientos del aprendizaje cooperativo. Esto significó que cada alumno se hizo responsable de un grupo de datos. Los ensayos fueron realizados en forma grupal de manera asíncrona, utilizando el aprendizaje cooperativo, es decir que cada alumno es responsable de un grupo de datos que, en conjunto determinan el comportamiento del equipo a evaluar. Una vez tomados los datos y colocados en un Excel colaborativo, los alumnos determinan las ecuaciones solicitadas, verifican si las tendencias cumplen los fundamentos teóricos y desarrollan las preguntas de la guía. Estos trabajos deben ser realizados como se mencionó antes del laboratorio. Se calculó que el tiempo invertido por los alumnos para esta tarea es de 1 hora y media a 2 horas aproximadamente, luego de ello deben rendir el control de lectura.

Figura 5

Interface del programa LVSIM – para desarrollo de actividades de laboratorio



Nota: El software de simulación de sistemas electromecánicos (LVSIM®-EMS) es un software que cubre el mismo material didáctico de las sesiones del laboratorio.

2.3.2 Etapa síncrona.

Se desarrollará en tres horas cronológicas y ha sido dividida en cinco actividades:

a) Etapa síncrona - Retroalimentación del Control de Lectura.

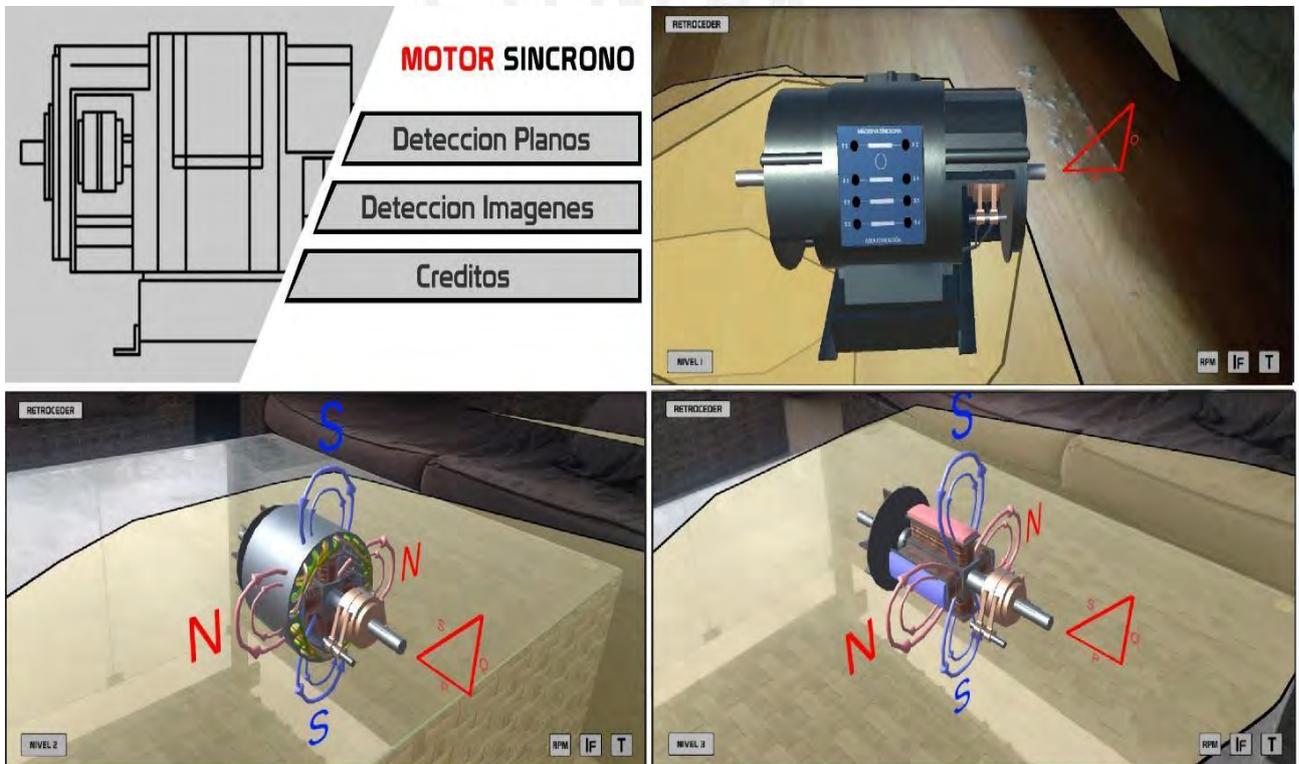
Se revisan los resultados del control de lectura y se realimenta a todo el grupo. Cabe destacar que las preguntas se eligen aleatoriamente de un banco ya generado, por ello la realimentación grupal favorece a todos, porque pueden brindar su punto de vista a un mayor número de preguntas. Esta actividad se desarrolló aproximadamente en 15 minutos.

b) Etapa Síncrona - Complemento Teórico.

Luego de la realimentación del control de lectura con ayuda del aplicativo de RA, que previamente ha sido enviado a los alumnos vía correo y/o por medio de la plataforma institucional para su manipulación, se realizó el reforzamiento de la teoría del curso identificando los componentes internos del equipo y reforzando el principio de funcionamiento. Luego de la parte expositiva se realizaron las preguntas o consultas por parte de los alumnos, se responden las dudas y se relacionan éstas con las pruebas realizadas. Esta actividad se desarrolló aproximadamente en 40 minutos.

Figura 6

Aplicativo desarrollado para la explicación de fundamentos de operación del equipo



Nota: El simulador permite visualizar las partes internas del motor síncrono y el movimiento de los campos magnéticos.

c) Etapa síncrona - Verificación de resultados

Con la teoría ya discutida se revisan los resultados obtenidos, justificando las tendencias y ecuaciones de las curvas, los rangos de operación o interés. Se

determina la aplicación de los resultados. La aplicación de esta actividad toma aproximadamente 25 minutos.

d) Etapa síncrona - Experiencia calculada

En esta parte de las actividades se realizan 3 preguntas considerando que el equipo ensayado se encuentra en una aplicación práctica industrial. Los alumnos con los resultados obtenidos deben, en consenso, determinar cómo resolver y obtener los parámetros de operación del equipo y realizar la simulación para verificar sus resultados. Esta actividad se desarrolla aproximadamente en 80 minutos.

En esta actividad se ha desarrollado una guía de aplicación y simulación que pueda demostrar la aplicación de fórmulas y tendencias, de manera que los resultados coincidan con los cálculos.

e) Etapa síncrona - Cierre

Para terminar la sesión síncrona, se realizó un recuento de los temas tratados, se identificaron los puntos más resaltantes y junto al jefe de práctica se discutieron las observaciones y conclusiones a las que han llegado los estudiantes. Para esta actividad se utilizaron 20 minutos.

2.3.3 Etapa post laboratorio – Trabajo Colaborativo

Posterior al laboratorio los alumnos tuvieron 3 días para presentar el informe del trabajo realizado. La organización y distribución de tareas estuvo a cargo de los participantes. En esta última actividad se invirtieron 30 minutos ya que es materializar toda la información recabada, ese mismo día se rindió la prueba de salida.

2.4 Informe de los resultados obtenidos

Los datos han sido obtenidos por tres medios con los siguientes resultados.

2.4.1 Información de las encuestas realizadas

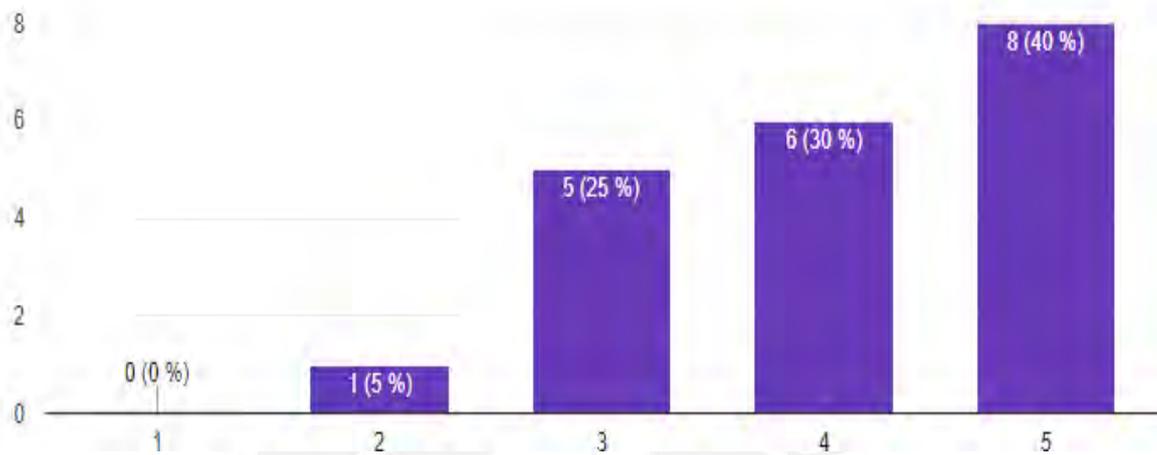
La encuesta consta de 25 preguntas en total pero filtradas de acuerdo a las respuestas del participante. Los resultados de las preguntas vinculadas al desarrollo del proyecto se muestran a continuación.

Pregunta 1: Percepción de la realización de los ensayos antes del laboratorio sin soporte del jefe de práctica. (1 muy difícil - 5 muy fácil)

Figura 7

Percepción de los ensayos

20 respuestas



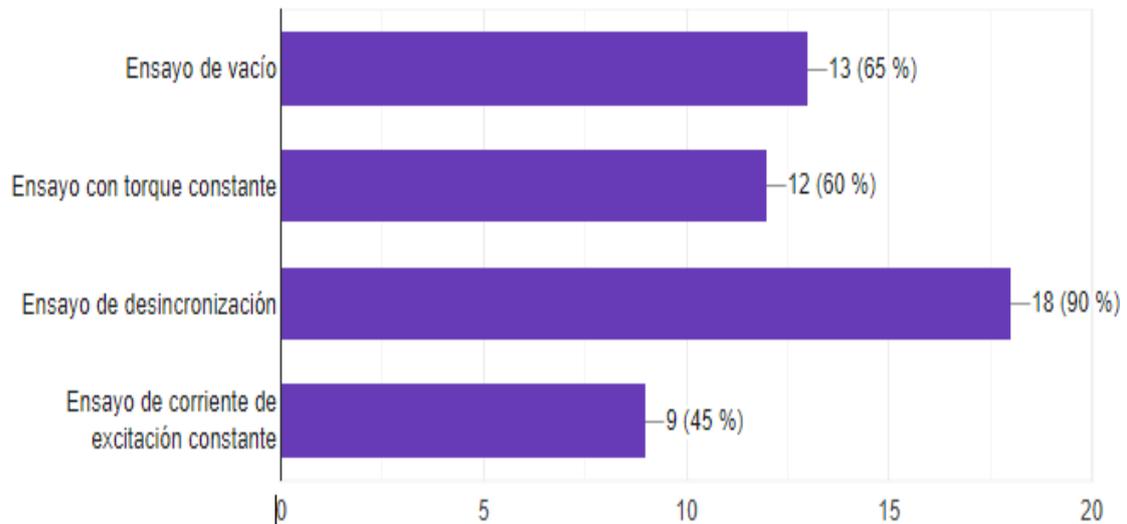
Se tiene una percepción de que la realización del ensayo de forma autónoma es sencilla, lo que está justificado con la teoría de Diaz C. (2015) que además manifiesta la facilidad de la generación Z para desarrollar actividades virtuales. El hecho de que vean la tarea muy fácil radicó en que solo tomaron los puntos, pero les faltó interpretar la información para poder llegar a la sesión de laboratorio con mejores conceptos.

Pregunta 2: ¿Qué ensayos te parecieron importantes? (Seleccionaron de una lista)

Figura 8

Ensayos

20 respuestas



Estos resultados muestran que se deben generar actividades que evidencien la importancia de cada ensayo, realizar el ensayo y no utilizar sus resultados está llevando a los estudiantes a la idea que estos no son importantes. También puede servir para que los docentes analicen si pueden ser retirados o combinados, a fin de reducir tiempos y no sobrecargar a los alumnos con ensayos redundantes.

Pregunta 3: ¿Cuánto aportó esta nueva metodología con respecto a la tradicional?
(1 No Aportó - 5 Aportó mucho)

Figura 9

Sesiones con uso de TIC

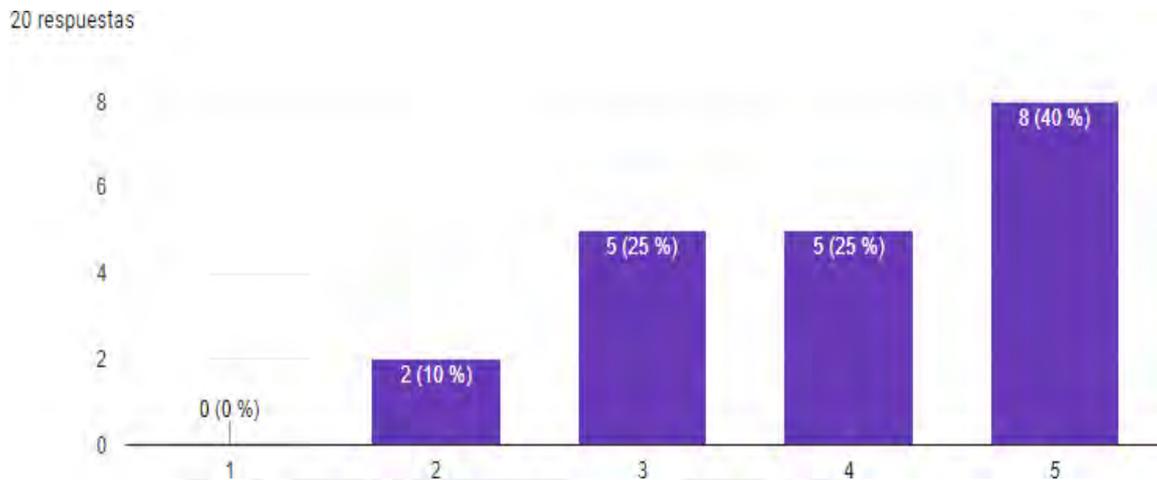


Se percibe que hay un aporte, pero este será notorio si todos ejecutaron sus asignaciones ya que si el grupo no trabajó de forma conjunta esto genera un reproceso que puede dar la idea de una mala inversión de tiempo. Como lo continúa mencionando Díaz C. (2015), los estudiantes entienden que el hecho de desarrollar las sesiones con uso de TIC aporta en su aprendizaje en menor o mayor escala, pero es un incremento frente a las metodologías tradicionales.

Pregunta 4: ¿Estás de acuerdo con realizar los ensayos antes de la sesión? (1 No estoy de acuerdo - 5 Sí estoy de acuerdo)

Figura 10

Acuerdos de los ensayos



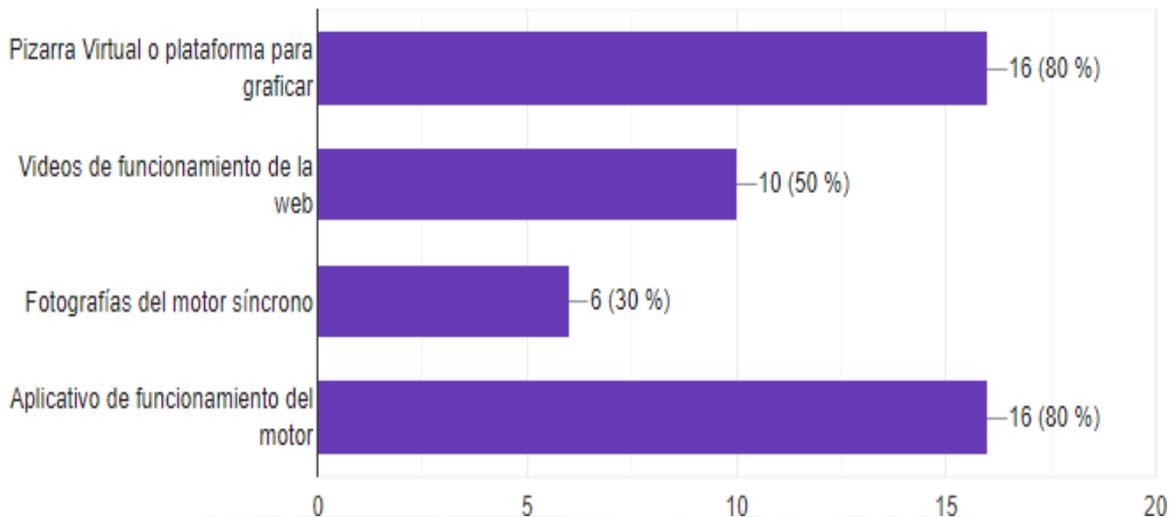
Las personas que no estuvieron muy de acuerdo afirmaron que esto genera una mayor inversión de tiempo para el curso o que presentaron problemas de comunicación con sus compañeros y eso perjudicó al grupo. Esto se debió también a que se realizaron cambios para adaptar la experiencia piloto. Si esta metodología se hubiera planteado desde el inicio de ciclo se habría alcanzado mejor aceptación.

Pregunta 5: ¿Qué recursos fueron utilizados para explicar el principio de funcionamiento? (Seleccionaron de una lista)

Figura 11

Recursos de entrenamiento

20 respuestas



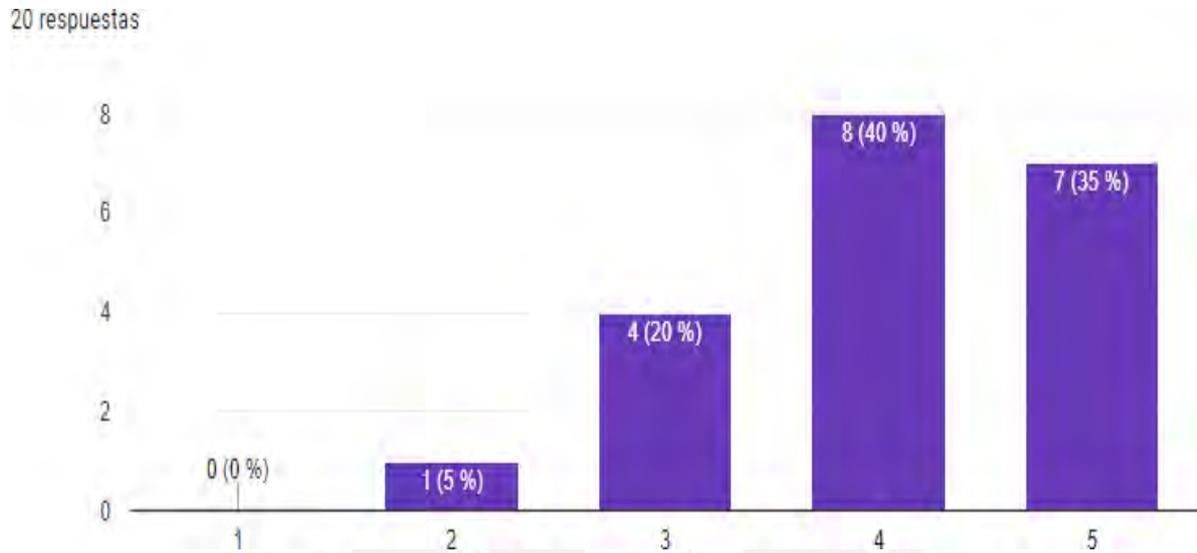
En la figura 11 se percibe que el uso del aplicativo desarrollado no fue general, esto debido a que algunos jefes de práctica no tuvieron las horas de entrenamiento suficientes para poder manejarlo adecuadamente y las dificultades de velocidad de transmisión también han influido en la decisión de no utilizarlo. Es decir, se tenía que realizar la transmisión desde el móvil vía Zoom y al mismo tiempo abrir el aplicativo para poder mostrarlo a los estudiantes y esto generó que en algunos móviles se produzcan videos cortados.

No se realizó una pregunta directa sobre el uso del Aplicativo debido a que no todos los jefes de práctica estaban en la disposición de utilizarlo, por ello la pregunta fue en general uso de recursos.

Pregunta 6: ¿Los recursos fueron adecuados para la explicación? (1 No fueron adecuados - 5 Sí fueron adecuados)

Figura 12

Acuerdos con los recursos

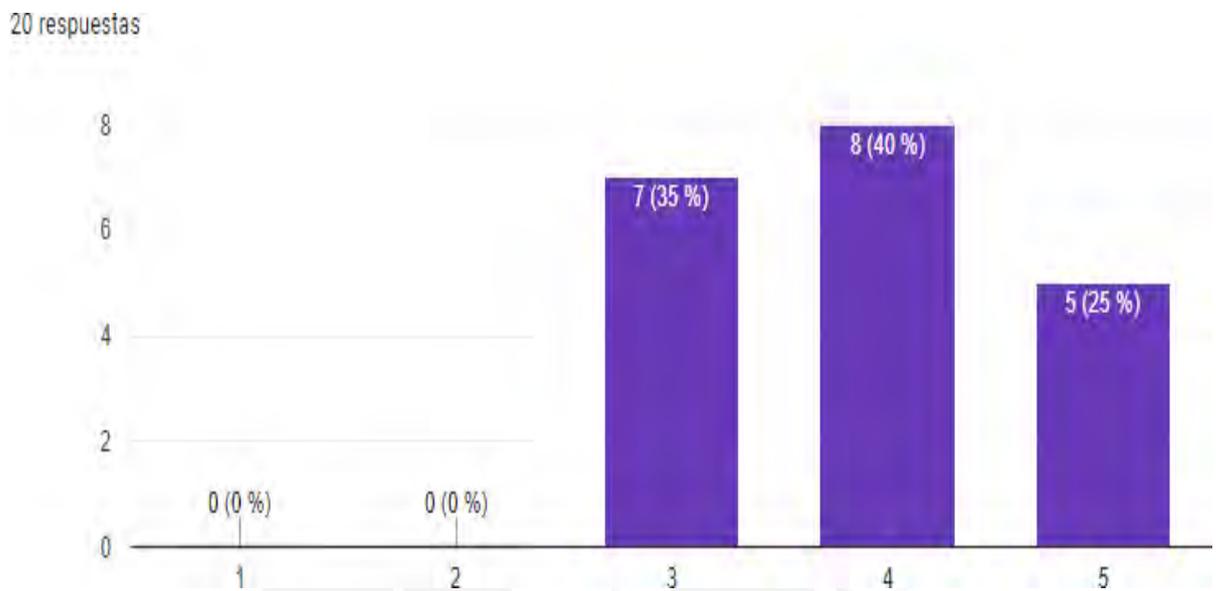


Un estudiante indica que no está muy de acuerdo en los recursos tal vez esta pregunta debió tener la opción de repregunta y ¿Cuáles serían los recursos más apropiados? y con esto se podría evaluar otras herramientas o recursos.

Pregunta 7: ¿Te pareció adecuada la forma de presentar y explicar los principios de funcionamiento del motor síncrono? (1 No fue adecuada - 5 Sí fue adecuada)

Figura 13

Presentación de material didáctico



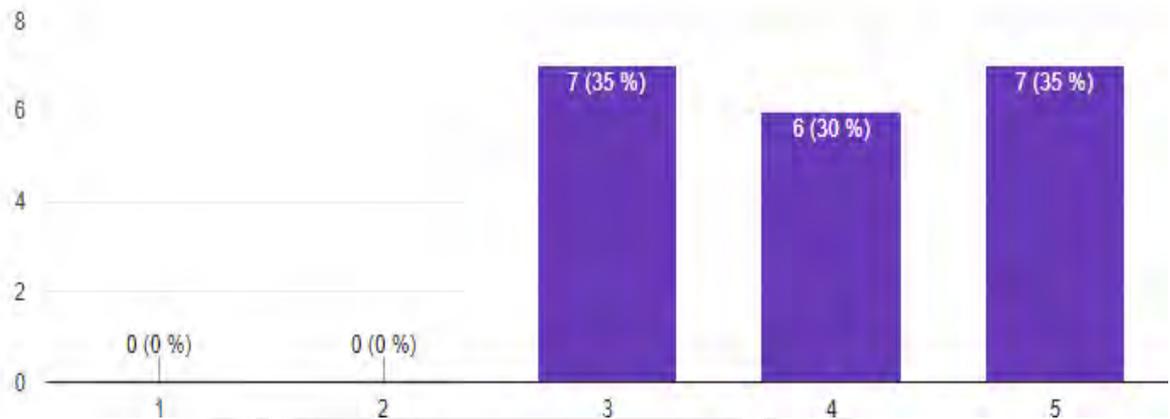
Lo que demuestra que el hecho de tener el aplicativo o cualquier otro recurso, es un adicional a la metodología que se ha venido desarrollando. Sin el conocimiento técnico los recursos no suman.

Pregunta 8: ¿Cuánto crees que aportó esta forma de desarrollo en tu aprendizaje?
(1 No Aportó - 5 Aportó mucho)

Figura 14

Opinión sobre el aprendizaje

20 respuestas



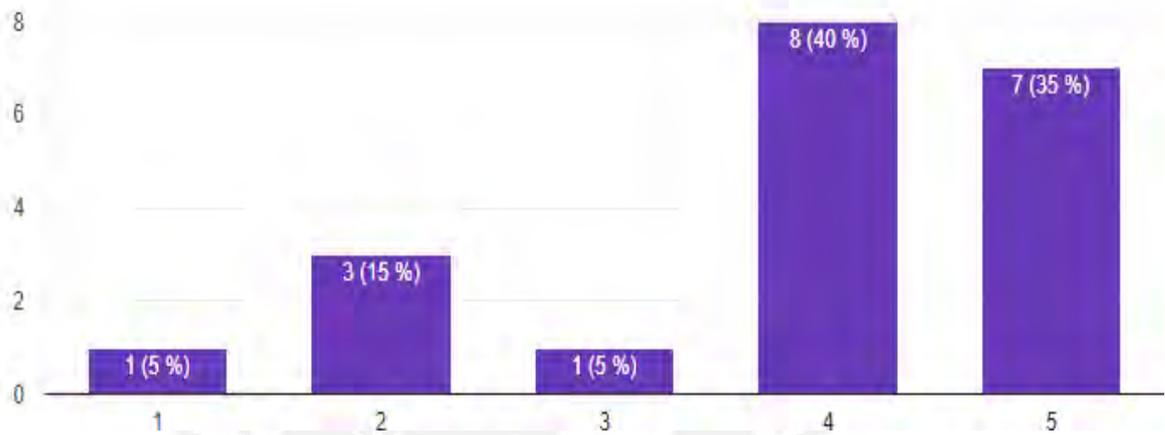
Lo que se evidencia es que existe un aporte de los recursos utilizados para el entendimiento de los fundamentos, se tiene que tener presente que no todos los estudiantes pudieron utilizar el aplicativo de forma presencial es decir en sus hogares, ya que no todos cuentan con dispositivos móviles que soporten esta tecnología. Y se limitaron a ver las imágenes por la pantalla de la computadora sin interacción con el modelo.

Pregunta 9: Se comprendió el funcionamiento del motor síncrono como compensador de energía eléctrica. (1 No se comprendió - 5 Si se comprendió)

Figura 15

Opinión de Comprensión del funcionamiento

20 respuestas



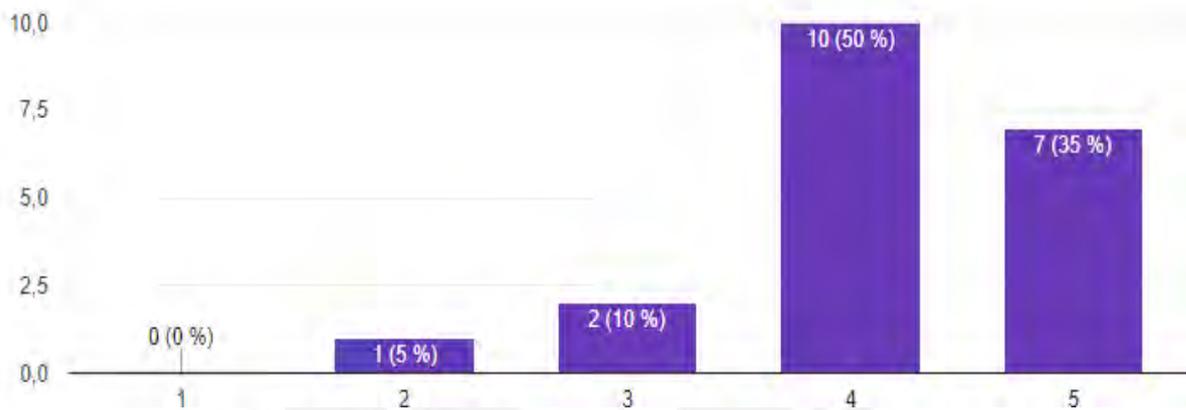
Se aprecia que una tercera parte de los encuestados está entre las zonas 1 y 3, esto puede deberse a que no todos desarrollaron las actividades en su totalidad. En algunos casos por los tiempos se permitió que completen las actividades de forma autónoma después de culminada la sesión. Pero las dos terceras partes lo comprendieron.

Pregunta 10: ¿Se comprendió el planteamiento de las ecuaciones para determinar los parámetros de operación de un motor síncron? (1 No se comprendió - 5 Si se comprendió)

Figura 16

Entendimiento de planteamiento

20 respuestas



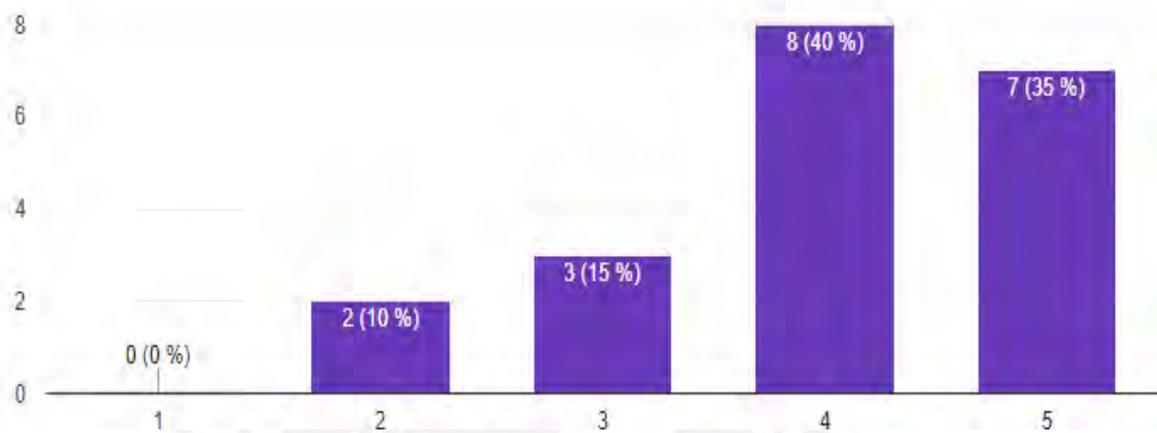
Esta era la parte del ensayo con carga cognitiva más alta y pese a ello se consiguió una buena aprobación, esto puede ser por el hecho de trabajar de forma colaborativa ya que era un desarrollo conjunto.

Pregunta 11: ¿Cuánto crees que aportó el trabajo colaborativo o discusión grupal en tu aprendizaje? (1 No Aportó - 5 Aportó mucho)

Figura 17

Opinión del trabajo colaborativo

20 respuestas



Como sigue diciendo Gutiérrez (2013), el aprendizaje colaborativo es mejor aceptado si la tarea es compleja. La actividad de aprendizaje colaborativo no fue desarrollada en la actividad de aula invertida por tener un monitoreo del trabajo realizado y por ello se optó por una tarea durante la sesión síncrona.

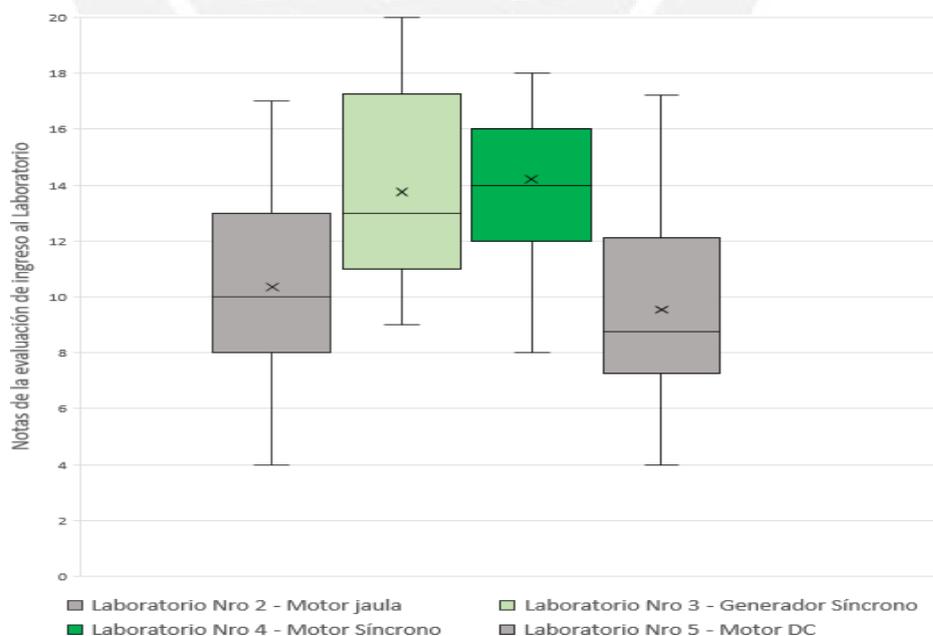
2.4.2 Resultados del control de lectura del laboratorio.

La experiencia piloto ha sido implementada parcialmente en el laboratorio Nro. 3, debido a que solo se consideró el aula invertida y fue desarrollada por el 17% de estudiantes, mientras que en el laboratorio Nro. 4, se implementaron todas las actividades propuestas y fue desarrollada parcial o totalmente por el 83% de los estudiantes, la población restante desarrolló el laboratorio de forma tradicional. Este laboratorio no es incluido en los resultados mostrados en la Figura 17, que muestra de las cuatro siguientes sesiones. Considerando que en las sesiones tres y cuatro se utilizó el aula invertida, el resultado parece ser coherente. Esto en razón que los estudiantes no solamente repasan la teoría, sino que desarrollan las actividades del laboratorio antes del control, lo que debería consolidar los conceptos. Pese a ello no se tuvo el impacto esperado, esto puede deberse a que las actividades deben estar acompañadas de un cuestionario que facilite el razonamiento de los conceptos aplicándolos a diversas situaciones.

Los resultados de las pruebas de entrada de todos los horarios y todas las sesiones se muestran en el siguiente diagrama de bigote.

Figura 18

Diagrama de bigote de las notas de la prueba



Nota. La figura muestra los resultados de las pruebas de entrada en 4 sesiones del laboratorio.

Analizando los promedios de las pruebas de entrada de los laboratorios del ciclo, se obtuvo lo siguiente:

- Laboratorio Nro. 2: Metodología tradicional obtuvo un promedio de 10.3.
- Laboratorio Nro. 3: Experiencia piloto parcial se obtuvo un promedio de 13.8
- El 17 % que realizó la experiencia piloto obtuvo un promedio de 15.2 mientras que el promedio del 83 % restante ha sido 13.2.
- Laboratorio Nro. 4: En la experiencia piloto total se obtuvo un promedio de 14.2
- El 84 % que realizó la experiencia piloto obtuvo un promedio de 14.3 mientras que el 16% de los que no participaron tienen 13.5
- Laboratorio Nro. 5: Metodología tradicional se obtuvo un promedio de 9.5
- La sesión de laboratorio 4 cuenta con el mejor promedio y menor desviación, esto podría estar vinculado al hecho de haber realizado los ensayos y tener un mejor sustento al realizar las evaluaciones. Como lo sugiere Lee J. et al (2016) el control de lectura debe verificar el entendimiento del contenido de la sesión asíncrono, en este caso no se modificaron las evaluaciones.

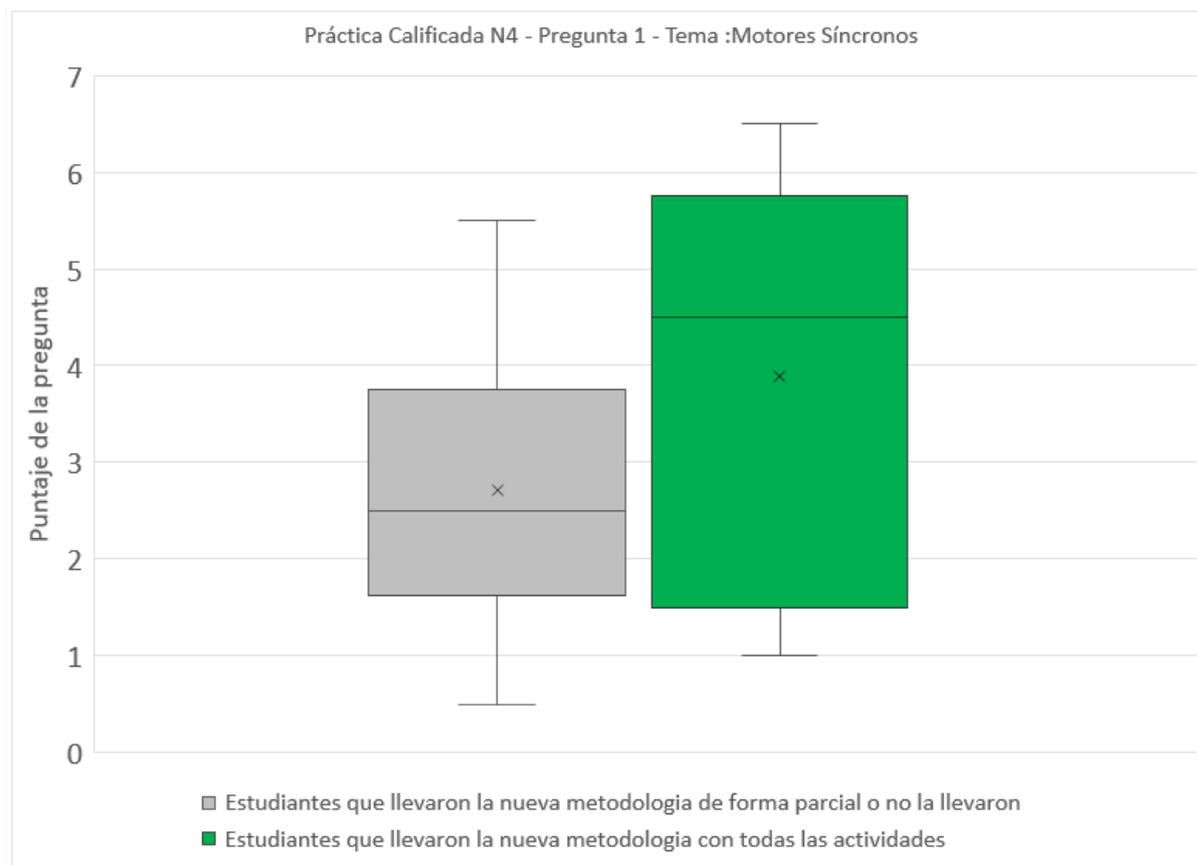


2.4.3 Práctica calificada

En la práctica calificada 4, las notas de la pregunta del tema que estuvo relacionado al laboratorio de la experiencia piloto están distribuidas según se muestra en la figura 18. La pregunta tiene un máximo de 7 puntos.

Figura 19

Experiencia en el laboratorio



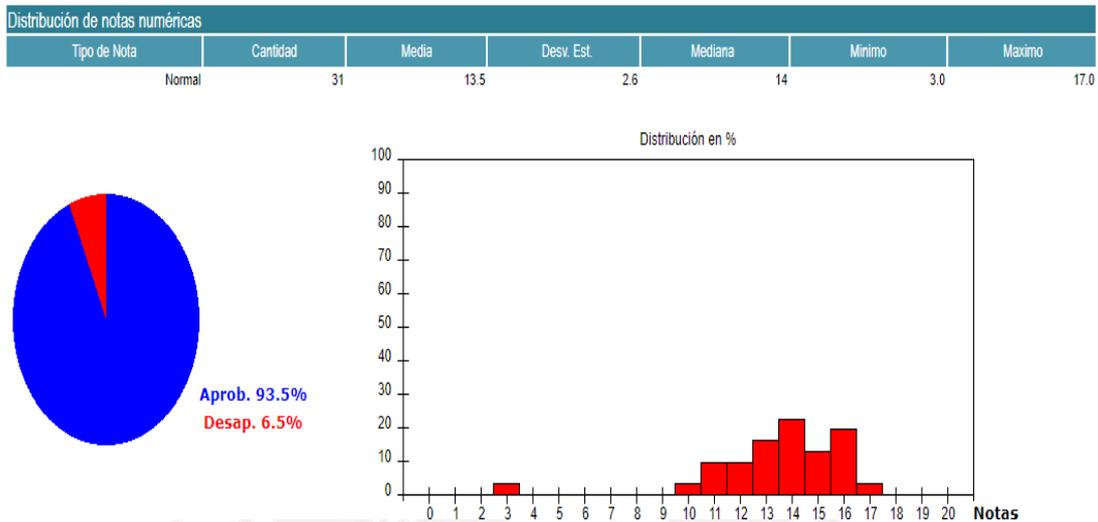
Nota. La gráfica muestra la distribución de puntaje entre el grupo que realizó la experiencia piloto por completo y los que no la realizaron o no culminaron con las actividades

Figura 20

Reporte final de curso

Estadísticas de Notas Finales
MÁQUINAS ELÉCTRICAS 2021-2

Facultad: CIENCIAS E INGENIERIA



Nota. La figura muestra los resultados de las finales del curso.

2.4.4 Reporte final del curso

El reporte final del curso en este ciclo, muestra un incremento en el promedio con respecto al ciclo pasado y muestra un desplazamiento positivo de las notas. Hasta aquí se ha presentado el análisis de los datos recolectados a través de diversos instrumentos durante y después de haber realizado las sesiones piloto. Esto nos ha dado un panorama de lo que podría ser la propuesta cuando se ejecute en su totalidad.

Conclusiones.

- Los resultados finales del curso evidencian una mejora en el rendimiento académico del curso, esto da base para la implementación completa de la propuesta y continuar con la evaluación de cómo estas metodologías influyen en el desempeño académico del estudiante.
- Se concluye que el Aula Invertida conlleva claramente a dos mejoras visibles, la primera es que permite que un estudiante esté mejor preparado y lo más importante permite utilizar el tiempo síncrono para procesos de análisis y evaluación, lo que también es evidenciado por las encuestas y los resultados de las evaluaciones del laboratorio.
- Las metodologías de aprendizaje colaborativo han generado respuestas satisfactorias ya que han permitido la discusión de conceptos y el análisis necesarios para resolver los problemas propuestos. Esta metodología no puede ser aún desarrollada sin una guía del docente. puesto que por ejemplo se podría llegar a interpretaciones incorrectas de la teoría.
- La incorporación del aplicativo de RA tenía como finalidad disminuir la carga cognitiva tanto de estudiantes como de jefes de practica ya que debería ser considerada como un recurso, pero el proceso de aprendizaje del uso y manipulación fue más complicado para los jefes de práctica que para los estudiantes y eso se evidencia en los resultados. Sin embargo, el poder visualizar las partes, la generación de campos magnéticos, la circulación de corriente, la carga mecánica, etc., quita al estudiante poder de imaginación pues asegura que todos tengamos la misma imagen y evita fatiga mental ya que las sesiones son prolongadas.
- Si bien el hecho de entregar información para que los estudiantes se preparen antes de las sesiones es sin duda importante, esto puede llevarnos a sobrecargarlos, para realizar las actividades previas, post laboratorio e inclusive

la evaluación de entrada. Importante es tener una idea clara de lo avanzado en la sesión teórica y la cantidad de tiempo a invertir por el estudiante en las actividades, tener presente que el número de créditos del curso está en relación al tiempo invertido fuera de clase. Y siempre es bueno tenerlo como referencia.



Recomendaciones.

Sobre el diseño de la propuesta.

- Se debe hacer una revisión de las pruebas o evaluaciones y alinear las preguntas a los objetivos o competencias del laboratorio.
- El sistema y la forma de evaluación deben ser modificados tanto en peso como en contenido, los pesos de las notas de las actividades deben ser función del tiempo invertido, del aporte al desarrollo de la competencia y de la importancia de la competencia, el contenido de la prueba de ingreso debe estar en función del material asignado para lectura, es decir debe dar el sustento para que el estudiante pueda, mediante un análisis, obtener la respuesta.
- El aplicativo debe ser evaluado para determinar mejoras y modificarlo cuando se requiera para una sesión presencial, ya que el modelo 3D debe superponerse al equipo real. Y una vez validado y corregido debe ser colocado en el Apps Store para una mejor distribución.

Sobre la ejecución de la propuesta.

- Se debe hacer un trabajo enfocado con los docentes en el periodo vacacional; esto para llegar a mejorar los resultados, independientemente de las decisiones que se tomen sobre la implementación completa de la propuesta piloto. Verificar si se está cumpliendo con el logro de objetivos y competencias.
- Las reglas de cómo llevar a cabo y cómo evaluar los laboratorios deben ser definidas al inicio del ciclo para todos los involucrados. Esto asegura que todos desarrollen y evalúen el laboratorio bajo la misma metodología.
- El llenado de datos para el aula invertida debe ser uno o dos días antes del laboratorio, para que puedan analizar las tendencias y determinar errores. Y se podría agregar un cuestionario que refuerce la comprensión de los ensayos.

- Utilizar los resultados como un feedback para el docente principal, pero a la vez generar protocolos continuos de comunicación entre el docente, jefes de práctica de laboratorio y jefes de práctica de evaluación. De esta manera, monitorear a los que tienen un desempeño bajo e ir apoyándolos desde el inicio.



Referencias bibliográficas

- Ahmadi, N. y Besançon, M. (2017). Creativity as a stepping stone towards developing other competencies in classrooms. *Education Research International*.
<https://doi.org/10.1155/2017/1357456>
- Bazarof S., Kholodilin I., Nesterov A. y Sokhina A. (2017). Applying Augmented Reality in practical classes for engineering students. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vols. 87, No.3, pp. 032004). IOP Publishing.
DOI 10.1088/1755-1315/87/3/032004
- Blanco, A. (2008). Las rúbricas: un instrumento útil para la evaluación de competencias. In La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje: estrategias útiles para el profesorado (Vols. pp.171-188). Octaedro.
- Chen, H. (2011). Application of augmented reality in engineering graphics education. (Vols. 2, pp.362-365). In *IEEE International Symposium on IT in Medicine and Education*.
DOI 10.1109/ITiME.2011.6132125
- Collazos, C., Guerrero, L. y Vergara, A. (2001). Aprendizaje Colaborativo: un cambio en el rol del profesor. In *Proceedings of the 3rd Workshop on Education on Computing. Punta Arenas*: November.
- Diaz C., Caro N. y Gauna E. (2015). Cambio en las estrategias de enseñanza-aprendizaje para la nueva Generación Z o de los “nativos digitales”.
<https://recursos.educoas.org/sites/default/files/VE14.164.pdf>
- Gutierrez, V. (2013). *Aprendizaje colaborativo en educación superior: Carga cognitiva e interacción grupal*. Tesis de pregrado. (P. U. Perú, Ed.) Lima, Perú: [Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de investigación PUCP].
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/4877>
- Granados, J. (2019). Relación entre el uso del aula virtual y el rendimiento académico en estudiantes del curso de Bioquímica para Enfermería de la Universidad de Costa Rica. *Revista Educación*, (Vols. 43, No.2, pp. 1-26). <https://bit.ly/3udFIXC>
- Huamán, L. (2020). *Uso de las TIC y el rendimiento académico, en las áreas de Ciencias Básicas y Comunicación, de ingresantes bajo la modalidad Beca 18 de la Universidad Peruana Cayetano Heredia*. Tesis de pregrado. (P. U. Perú, Ed.) Lima, Perú:

<https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/8997>

Johnson D., Johnson R., y Holubec E. (1999). El Aprendizaje Cooperativo en el Aula. Virginia: *Association for Supervision and Curriculum Development - ASCD*.

Lage, M, Platt, G. y Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*. (Vols. 31(1). 30-43).

Lee, J., Lim, C. y Kim, H. (2017). Development of an instructional design model for flipped learning in higher education. *Educational Technology Research and Development*. (Vols. 65(2) 427-453).

<https://doi.org/10.1007/s11423-016-9502-1>

Rodríguez, M. E. O. (2015). El aprendizaje colaborativo y el aprendizaje cooperativo en el ámbito educativo. *Universidad Mexicana*. (Vol. pp.9).

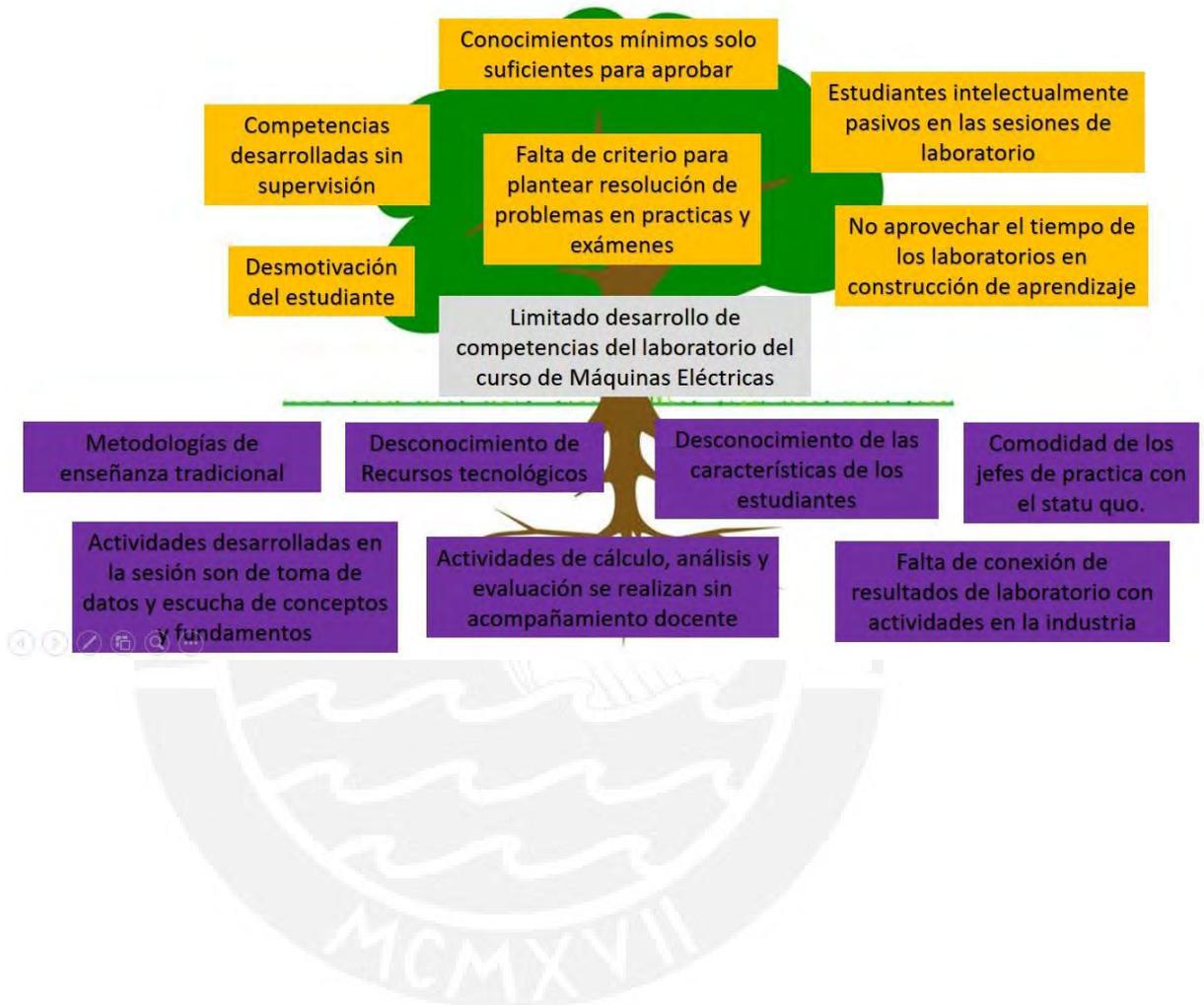
Rodríguez García, N., Mercedes Lara Díaz, L., & Galindo Enríquez, G. (2017). El aprendizaje cooperativo integrado al estudio de casos en la activación de la formación de ingenieros industriales. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(2), 68-75.

Rodriguez, R. (2019). Percepción de los estudiantes de una escuela de negocios sobre el valor pedagógico del recurso SPOC en la metodología de aula invertida. (Vol. pp.53). (T. d. Perú, Ed.) Lima, Perú: Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de investigación PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15062>

Stevens, D. D., & Levi, A. J. (2013). Introduction to rubrics: An assessment tool to save grading time, convey effective feedback, and promote student learning. Stylus Publishing, LLC.

Anexos

Anexo 1. Árbol de problemas.



Anexos 2. Encuesta de estudiantes sobre la percepción del laboratorio.

Encuesta - Metodología de Laboratorio No 4 - IEE2A5

El presente formulario busca consultar su percepción sobre el desarrollo de la sesión 4 del Laboratorio de Máquinas Eléctricas donde se trató el tema de Motores Síncronos.

Tener presente que esta encuesta nos permitirá realizar mejoras pedagógicas en el curso. La encuesta es anónima, pedimos que sean lo mas sinceros y críticos posibles.

1. Horario de Laboratorio

Marca solo un óvalo.

- H-811 lunes de 2:00 a 5:00 pm
- H-812 martes de 2:00 a 5:00 pm
- H-815 viernes de 2:00 a 5:00 pm
- H-816 sábado de 11:00 a 2:00 pm

2. Grupo de trabajo

Marca solo un óvalo.

- Grupo 1
- Grupo 2
- Grupo 3

Tipo de Sesión de Laboratorio

Las sesiones han podido ser desarrolladas de dos formas:

- 1.- De la manera tradicional, adquiriendo datos del ensayo durante la sesión del laboratorio.
- 2.- Con Aula invertida, adquiriendo los datos de los ensayos antes de la sesión del laboratorio.

Cabe entender que en ambas se busca el mismo objetivo que es el entendimiento de los participantes.

3. ¿Qué metodología a trabajado en el laboratorio?

Marca solo un óvalo.

- Tradicional: Desarrollar la toma de datos durante el laboratorio.
Salta a la pregunta 4
- Aula invertida: Tomar los datos de ensayos o parte de ellos antes del laboratorio.
Salta a la pregunta 7

Laboratorio con Metodología clásica

4. ¿Cuál fue la razón de no llenar el Excel colaborativo? De forma grupal

5. ¿Cuales serian tus recomendaciones para las sesiones del laboratorio, en cuanto a materiales pedagógicos?

6. ¿Cuales serian tus recomendaciones para las sesiones del laboratorio, en cuanto a la forma de llevar a cabo la sesión?

Aula invertida

El Aula Invertida consiste en el desarrollo de las experiencias de manera previa a la sesión del laboratorio con ayuda de una guía detallada y videos complementarios para la captura y toma de datos.

7. Facilidad de realizar los ensayos antes de la sesión de laboratorio, utilizando la guía y los videos instructivos

¿Cómo se sintieron?

1 2 3 4 5

Difícil Fácil

8. El trabajo cooperativo de tu grupo fue adecuado (es decir organizado y coordinado)

¿Cómo se sintieron?

1 2 3 4 5

Inadecuado Adecuado

9. La cantidad de tablas y datos a completar fue adecuada para verificar las tendencias de los parámetros

¿Cómo se sintieron?

1 2 3 4 5

Inadecuado Adecuado

10. ¿Qué ensayos te parecieron importantes?

Selecciona todas las que correspondan

- Ensayo de vacío
- Ensayo con torque constante
- Ensayo de desincronización
- Ensayo de corriente de excitación constante

11. ¿Cuánto crees que aportó este método en tu aprendizaje?

Marca solo un ítem.

| | | | | | | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| No aporte | <input type="checkbox"/> | Aporto mucho |

12. ¿Estás de acuerdo con realizar las experiencias antes de tu sesión de laboratorio con el soporte de la guía y los videos instructivos?

Marca solo un ítem.

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Totalmente en desacuerdo | <input type="checkbox"/> | Totalmente de acuerdo |

13. Sugerencias y/o opiniones con respecto al AULA INVERTIDA

Parte
teórica
durante la
sesión del
laboratorio.

Corresponde a la sección inicial durante el desarrollo del laboratorio, en la cual se explican los conceptos y fundamentos de la máquina síncrona en su funcionamiento como motor, así como las formas constructivas del mismo.

14. ¿Qué recursos fueron utilizados para reforzar la parte de teoría?

Selecciona todos los que correspondan

- Pizarra Virtual o plataforma para graficar
- Videos de funcionamiento de la web
- Fotografías del motor síncrono
- Aplicativo de funcionamiento del motor
- Otro: _____

15. Los recursos fueron adecuados para la explicación

Marca con un círculo

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Inadecuados | <input type="radio"/> | Adecuados |

16. Te pareció adecuada la forma de presentar y explicar los principios de funcionamiento del motor síncrono.

Marca con un círculo

| | | | | | | |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Inadecuado | <input type="radio"/> | Adecuado |

17. ¿Cuánto crees que aportó esta forma de desarrollo en tu aprendizaje?

Marca con un círculo

| | | | | | | |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| No apporto | <input type="radio"/> | Aporto mucho |

18. Sugerencias y/o comentarios para mejorar el método de enseñanza

Revisión de datos y
experiencia calculada

Corresponde a la sesión de revisión de datos y
ejercicios de aplicación

19. ¿Su grupo completó los datos y obtuvo las curvas y ecuaciones, solicitadas en la guía, antes del inicio de la sesión?

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4

Cerca de un 25 % 100% de datos y ecuaciones pedidas

20. Durante el laboratorio ¿se verificaron los resultados realizando una comparación con la tendencias teóricas?

Marca solo un óvalo.

Si

No

21. Se analizaron y utilizaron las curvas para el comprender el funcionamiento de motores sincronos

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Completamente en desacuerdo Completamente de acuerdo

22. Se comprendió el funcionamiento del motor síncrono como compensador de energía eléctrica.

Marcó su nivel de acuerdo

1 2 3 4 5

Completamente en desacuerdo Completamente de acuerdo

23. Se comprendió el planteamiento de las ecuaciones para determinar los parámetros de operación de un motor síncrono

Marcó su nivel de acuerdo

1 2 3 4 5

Completamente en desacuerdo Completamente de acuerdo

24. ¿Cuánto crees que aportó el trabajo colaborativo o discusión grupal en tu aprendizaje?

Marcó su nivel de acuerdo

1 2 3 4 5

No aportó Aportó mucho

25. Sugerencias y/o observaciones para esta sección.

Anexos 3. Guía de Laboratorio

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
Sección Electricidad y Electrónica

Motor Sincrono

(Modalidad Virtual)

Fig. 1 Motor Sincrono trífásico

1. OBJETIVOS A LOGRAR:

- Medir parámetros eléctricos del Motor.
- Realizar ensayos de vacío y cortocircuito como generador.
- Calcular el circuito equivalente del equipo sincrónico a partir de la medición de resistencia y los ensayos de vacío y cortocircuito.
- Observar la capacidad de generación de potencia reactiva (Q Vs I_f) con el motor de operación en vacío y con carga.
- Obtener las curvas en V_t relación entre la corriente de línea vs la corriente de excitación del campo (I_g vs I_f).
- Comprender el valor límite del torque que entrega el motor sin pérdida de sincronismo (I_g vs torque) y su relación con la corriente de excitación del campo (I_f).
- Estimar parámetros eléctricos del generador sincrónico bajo una determinada carga.
- Analizar y evaluar las curvas experimentales y curvas generadas matemáticamente con el circuito eléctrico equivalente.
- Encontrar soluciones a problemas referidos al motor sincrónico analizando la información obtenida en los ensayos.

IEE2A5 - Laboratorio de Máquinas Eléctricas

1

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
Sección Electricidad y Electrónica

2. FUNDAMENTO TEORICO:

Los motores sincrónicos son máquinas que se usan para convertir potencia eléctrica de CA en potencia mecánica.

La velocidad (N) de giro del rotor, se produce por la variación en la frecuencia de la tensión y está dada por:

$$N = \frac{120 \cdot f}{\#p}$$

N = Velocidad de rotación del rotor del motor.

f = frecuencia de las tensiones inducidas.

#p = Número de polos del generador.

En el caso de los **ensayos en el simulador** se utilizará un dinamómetro a como freno de manera se pueda incrementar el torque de carga para modificar los parámetros de eléctricos del motor.

Los motores sincrónicos pueden tener en su rotor una jaula ardilla adicional, para el arranque inicial ya que estos motores tienen un torque inicial neto igual a cero. Otra opción puede ser utilizar un variador de frecuencia o un motor primo para el arranque.

El motor tiene un circuito de corriente continua que alimenta los electroimanes inductores con la llamada "corriente de excitación" y se tiene un reóstato para poder variar dicha corriente de excitación del motor.

La estructura de un motor sincrónico es igual a la del generador por lo que las características constructivas son idénticas la diferencia radica en que se alimentará a la armadura con tensión alterna trifásica, así como una corriente de excitación en la bobina de campo y esto generará un movimiento giratorio en el rotor a una velocidad igual a la de sincronismo.

IEE2A5 - Laboratorio de Máquinas Eléctricas

2

Partes del motor sincrónico.



Fig. 2 Estator y rotor de polos salientes de un Motor Sincrono trifásico de campo giratorio.



Fig. 3 Estator y rotor cilíndrico o liso de un Motor Sincrono trifásico de armadura giratoria.

2.1. CIRCUITO EQUIVALENTE POR FASE DEL MOTOR DE INDUCCIÓN

El circuito equivalente constituye la herramienta más útil para estudiar el funcionamiento del motor sincrónico.

El circuito equivalente permite el cálculo sistematizado de todos los valores que definen el funcionamiento del motor en cualquiera de las etapas de su operación.

El circuito equivalente por fase de un motor, es análogo a un circuito monofásico, con la diferencia que se tiene un control de la tensión inducida por medio de la corriente de excitación, con lo que el circuito es como se indica en la Fig. 4.

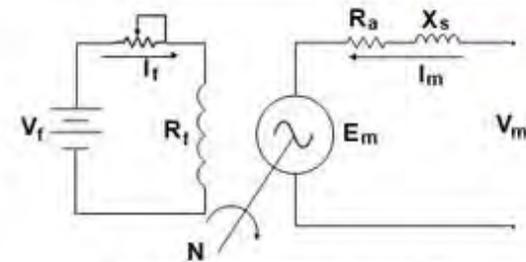


Fig. 4 Circuito equivalente de un motor sincrónico trifásico

En este circuito:

- R_a : Resistencia de armadura.
- X_s : Reactancia sincrónica.
- R_f : Resistencia de la bobina de excitación.
- I_m : Corriente de armadura.
- I_f : Corriente de excitación o de campo.
- E_m : Fuerza electromotriz inducida.
- V_m : Voltaje de alimentación al motor.
- V_f : Voltaje del circuito de campo.
- N : Velocidad de giro del generador.

2.2. CÁLCULO DE LA REACTANCIA SINCRONA

Para la determinación de la reactancia sincrónica se hace necesario realizar dos ensayos específicos, la curva de vacío y la curva de cortocircuito.

a) Características de Vacío:

Puesto que el circuito magnético en una máquina sincrónica contiene materiales ferromagnéticos, la primera prueba es para determinar las características en vacío o de circuito abierto.

Para obtener las características de vacío, la máquina se hace girar sin carga a la velocidad de sincronismo por medio de un accionamiento primo.

b) Característica de Cortocircuito:

La prueba de cortocircuito se lleva a cabo cortocircuitando los tres terminales del bobinado de la armadura. Durante el ensayo se mide la corriente de armadura I_a y la corriente de excitación I_f mientras que la velocidad del generador se mantiene prácticamente constante.

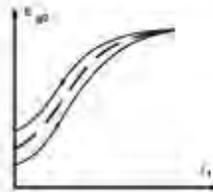


Fig. 5 Curva característica del ensayo de vacío - circuito magnético

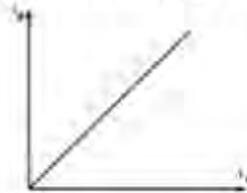


Fig. 6 Curva característica de cortocircuito.

Como se muestra en la figura siguiente, se procede a graficar las características de vacío y la llamada curva de aproximación del sistema. Luego se calcula gráficamente o numéricamente el valor de I_{a0} a partir de I_{a1} (corriente nominal del generador). con este valor se calcula en la gráfica del ensayo de vacío el valor de E_{g0} , entonces el valor de la impedancia sincrónica Z_s será:

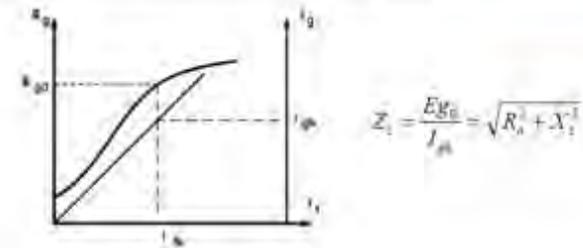


Fig. 7 Cálculo de la impedancia sincrónica Z_s

2.3. Curvas Características

Puesto que los motores síncronos funcionan con velocidad de rotación constante el grupo fundamental de curvas características que describen el comportamiento del generador al aplicarse carga son:

1. Curva de Potencia Reactiva vs Corriente de excitación: $Q - I_f$ (Cargas constantes)

En el caso particular cuando Torque = 0.

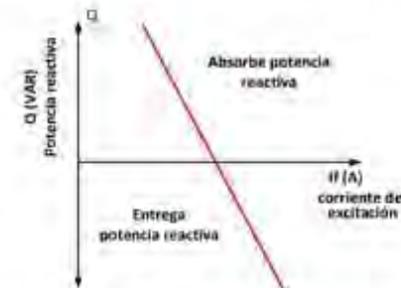


Fig. 8 Resultado esperado -Relación entre la potencia reactiva y la corriente de campo en un motor síncrono trifásico, operación sin carga

2. Curva en V: $V_a - I_a$ (Cargas constantes)

Curvas a diferentes potencia o torques.

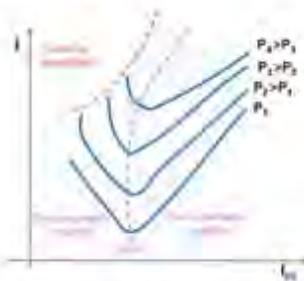


Fig. 9 Resultado esperado -Relación entre la corriente de fase y la corriente de campo para diferentes valores de torque de carga

Curva de Torque de sincronizador: $T - I_f$

El comportamiento es lineal.



Fig. 10 Resultado esperado - Corriente de excitación vs Torque de sincronizador

NOTA IMPORTANTE: Solicitamos desarrollar las actividades ANTES del laboratorio de tal manera que tengamos la información para realizar cálculos, evaluar y aplicar la información en situaciones reales durante la sesión del laboratorio.

3. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Verificar la ficha técnica del motor a evaluar y determinar valores nominales para las pruebas a realizar.
- Realizar la medición de resistencias de armadura y campo, el ensayo de vacío y el ensayo de cortocircuito del equipo como generador.
- Realizar el cálculo del circuito equivalente.
- Realizar el ensayo del motor en vacío.
- Realizar el ensayo del torque de sincronizador.
- Realizar el ensayo del motor en con carga a torque constante y a corriente de excitación constante.
- Analizar resultados y compararlos con los cálculos del circuito equivalente.
- Resolver las preguntas propuestas en función de los datos obtenidos en el laboratorio.

4. MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DEL LABORATORIO

- PC o Laptop con conexión a Internet.

4.1. LISTA DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS EN EL SOFTWARE

| Código | Equipo | Características |
|---------|---|---|
| 8821 | Fuente de alimentación | Tensión constante 120/208 VAC, 15 A, 60 Hz, 4 hilos Tensión variable 0-120/208 VAC, 5 A, 4 hilos Tensión variable 0-120 VDC, 8A Tensión constante 120 VDC, 2A |
| 8083 | Interfaz de adquisición de datos y control | Entrada de tensiones E1, E2, E3, E4; entrada de Corrientes I1, I2, I3, I4; entradas analógicas T/T (torque), S/h (velocidad); terminal común de la entrada/salida analógica; entrada de alimentación 24 VAC |
| 8860-20 | Dinamómetro / fuente de alimentación de cuatro cuadrantes | 0-3 N-m, 0-2500 rpm, 350 W |
| 8241 | Motor/Alternador Síncrono trifásico de 4 polos | Motor 175 W, 208 V, 0.8 A, 1800 rpm, 80 Hz. |

Tabla 1 - Equipos a utilizar en el Laboratorio Nro. 4

5. PROCEDIMIENTO

5.1. CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE PARA EL ENSAYO

- Abrir el software LVSIM configurar el sistema a 120 V y 60 Hz
- Desplazar a la consola principal según la Figura 5 los siguientes componentes:
 - Fuente de alimentación 3821
 - Motor/Alternador Síncrono trifásico de 4 polos 3241.
 - Dinamómetro / fuente de alimentación de cuatro cuadrantes 8960-20
 - Interfaz de adquisición y control de datos 9063-20.
 - Multímetro. (Cuando sea requerido)



Fig. 14 Equipos del Ensayo de Motor Síncrono



Fig. 15 Placa del Motor Síncrono en el simulador

Antes de la sesión del laboratorio se pide que realicen los ensayos:

5.2. MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA ÓHMICA DE LAS BOBINAS DE ARMADURA

Realiza la medición del valor de las resistencias del bobinado de armadura (3241) con el multímetro virtual y complete la tabla 2 con los valores obtenidos.

| BOBINA | RESISTENCIA (Ω) |
|--------|-----------------|
| 1 - 4 | |
| 2- 5 | |
| 3 - 6 | |

Tabla 2 - Resistencia de armadura

Cuando se mide la resistencia del devanado de armadura debe considerarse que en operación la temperatura se incrementa y ello genera una variación en la resistencia del devanado. (En el simulador no lo consideramos)

5.3. REALIZAR LA CONEXIÓN MECÁNICA ENTRE MOTOR Y DINAMÓMETRO.

Bajar el panel frontal del motor y del dinamómetro (clic izquierdo del mouse sobre el panel frontal).

Colocar la faja entre las poleas (clic derecho en la polea y clic derecho en la otra polea).

Levantar el panel frontal del motor y del dinamómetro (clic izquierdo del mouse sobre el panel frontal).

5.4. ENSAYO DE VACÍO COMO GENERADOR.

Condiciones del ensayo de vacío:

- Velocidad de sincronismo.
- Generador sin carga eléctrica conectada.
- Corrientes de excitación variables desde un mínimo hasta llegar al nominal.

Finalidad del ensayo:

- Determinar la fuerza electromotriz inducida E_{ind} para cada corriente de excitación.

Pasos:

1. Realizar la conexión según el esquema de la Fig. 16.

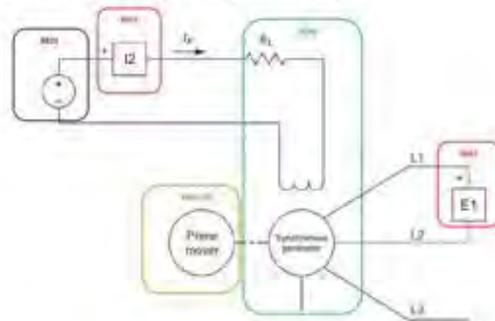


Fig. 16 Esquema de ensayo de vacío



Fig. 17 Conexión para el ensayo de vacío

Con el circuito cableado según la Figura 17:

2. Configurar los Aparatos de medición en el icono de la barra del programa (A).

| | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Voltaje de Línea | | | | | Torque |
| M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 |
| Corriente Excitación | | | | | RPM |
| M13 | M14 | M15 | M16 | M17 | M18 |
| | | | | | Potencia mecánica |

Fig. 18 Configuración de Instrumentos

3. Configurar la tabla de datos en el icono de la barra del programa (B).
4. Encender el dinamómetro (C).
5. Configurar el dinamómetro en el icono de la barra del programa (D). Y **minimizar** la pantalla.

Función: Motor de impulsión / Freno de velocidad constante SH

Velocidad (rpm): 1800

Estado: En marcha

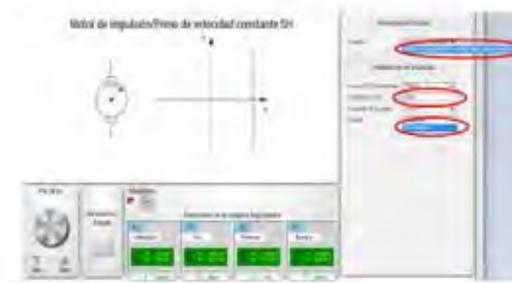


Fig. 19 Configuración del dinamómetro

6. Cerrar el interruptor de paso a la corriente de excitación del Generador síncrono (E).
7. Encender la alimentación eléctrica de la Interfaz de adquisición de datos (F).

8. Activar la llave de encendido de la fuente de alimentación (G).
9. Controlar la corriente de excitación según los requerimientos de la Tabla 2 variando la perilla reguladora de voltaje (H) y luego el reóstato (I) del generador. El voltaje de fase puede ser calculado o medido.

Nota: Puede adicionar multímetros para realizar el trabajo

| Corriente de excitación I_e | Voltaje de Línea V_{Lm} | Voltaje de Fases V_{Fm} |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0.10 | | |
| 0.20 | | |
| 0.30 | | |
| 0.40 | | |
| 0.50 | | |
| 0.60 | | |
| 0.70 | | |
| 0.80 | | |
| 0.90 | | |
| 0.98 | | |

Tabla 2 - Ensayo de Vacío

10. Para cada posición guarde la información en la tabla de datos.
11. Una vez culminada la tabla aumente la resistencia del reóstato (I) y disminuya el voltaje de excitación girando la perilla (H); apague la fuente de alimentación (G).
12. Abrir el interruptor de paso a la corriente de excitación del Generador síncrono (E).
13. Guardé la información de la tabla en un archivo con el nombre de "ensayo de vacío generador".
14. Luego borre los datos de la tabla para realizar el siguiente ensayo.

5.5. ENSAYO DE CORTOCIRCUITO COMO GENERADOR.

Condiciones del ensayo de cortocircuito:

- Velocidad de sincronismo.
- Generador cortocircuitado.

- Corrientes de excitación variables desde un mínimo hasta que la corriente de armadura llegue al valor nominal.

Finalidad del ensayo:

- Determinar la corriente de armadura circulante para cada corriente de excitación en un cortocircuito.

Pasos:

- f. Realizar la conexión según el esquema de la Fig. 20.

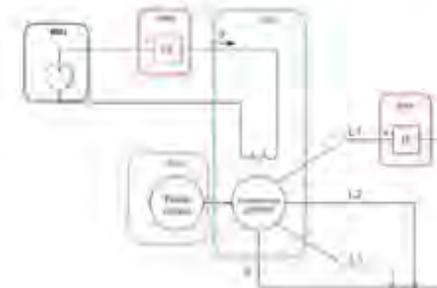


Fig. 20 Esquema de ensayo de cortocircuito



Fig. 21 Conexión para el ensayo de cortocircuito

Acondicionar el circuito al esquema de cortocircuito:

2. Configurar los Aparatos de medición en el icono de la barra del programa (A).

| | | | | | |
|----------------------|--------------------|-----|-----|-----|------------|
| M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| | Corriente de Línea | | | | Impedancia |
| M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 |
| Corriente Excitación | | | | | W |
| M13 | M14 | M15 | M16 | M17 | M18 |
| | | | | | Impedancia |

Fig. 22 Configuración de Instrumentos

3. Configurar la tabla de datos en el icono de la barra del programa (B).
4. Cerrar el interruptor de paso a la corriente de excitación del Generador síncrono (E).
5. Activar la llave de encendido de la fuente de alimentación (G).
6. Controlar la corriente de excitación según los requerimientos de la Tabla 4 variando la perilla reguladora de voltaje (H) y luego el reóstato (I) del generador.

Nota: Puede adicionar multímetros para realizar el trabajo

| Corriente de excitación I_e | Corriente de línea I_L |
|-------------------------------|--------------------------|
| 0.050 | |
| 0.100 | |
| 0.150 | |
| 0.200 | |
| 0.250 | |
| 0.300 | |
| | 0.8 |
| 0.400 | |

Tabla 4 – Ensayo de Cortocircuito

7. Para cada posición guarde la información en la tabla de datos.
8. Una vez culminada la tabla aumente la resistencia del reóstato (I) y disminuya el voltaje de excitación girando la perilla (H), apague la fuente de alimentación (G).
9. Abrir el interruptor de paso a la corriente de excitación del Generador síncrono (E).
10. Guarde la información de la tabla en un archivo con el nombre de "ensayo de cortocircuito generador".
11. Luego borre los datos de la tabla para realizar el siguiente ensayo.

Con los resultados de los ensayos calcular la impedancia síncrona.

5.6. ENSAYO DE VACIO COMO MOTOR.

Condiciones del ensayo de cortocircuito:

- Voltaje y frecuencia nominal.
- Sin carga en el eje - retirar la correa entre motor y dinamómetro.
- Corrientes de excitación variables desde un mínimo hasta un máximo por variación del reóstato de motor.

Finalidad del ensayo:

- Determinar el comportamiento de la potencia reactiva generada en función de la corriente de excitación sin carga en el eje.

Pasos:

1. Realizar la conexión según el esquema de la Fig. 23.

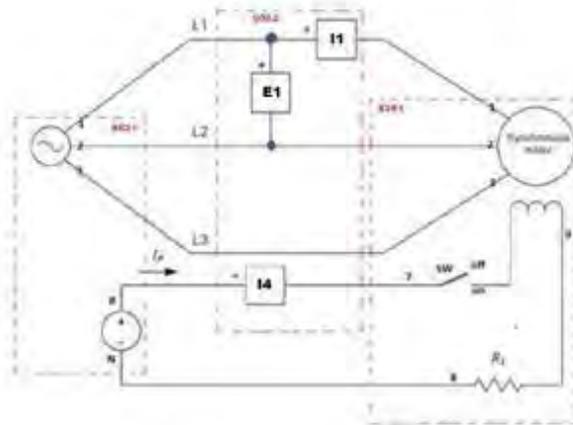


Fig. 23 Esquema de ensayo sin carga

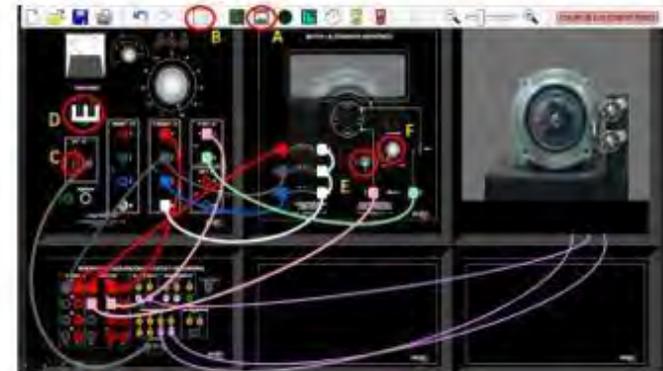


Figura 24 - Conexión para el ensayo de vacío

Con el circuito cableado según la Figura 24:

15. Configurar los Aparatos de medición en el icono de la barra del programa (A).

| M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
|-------------------------|--------------------|-------------------|-------------|-------------|-----|
| Voltaje de Fase | Corriente de Fase | P Trifásica | Q Trifásica | S Trifásica | |
| M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 |
| Corriente de Excitación | Factor de Potencia | Angulo de desfase | | | |
| M13 | M14 | M15 | M16 | M17 | M18 |

Figura 25 - Configuración de Instrumentos

16. Configurar la tabla de datos en el icono de la barra del programa (B).
17. Encender la alimentación eléctrica de la Interfaz de adquisición de datos (C).
18. Activar la llave de encendido de la fuente de alimentación (D).
19. Monitorear la corriente de fase y verificar que se estabiliza en un valor cercano al doble de su corriente nominal.
20. Cerrar el interruptor de paso a la corriente de excitación del Generador síncrono

(E). Y verificar que la corriente de fase disminuye a un valor menor a la mitad de su corriente nominal.

21. Guardar este punto (inicial), luego modificar la corriente de excitación según la tabla adjunta esperar a que los valores se estabilicen y guardar los puntos.

Nota: Puede adicionar multímetros para realizar el trabajo

| Corriente de excitación I_f | Corriente de Fase I_{ph} | Q trifásico Q_{trif} | P trifásico P_{trif} |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| 0.50 | | | |
| 0.55 | | | |
| 0.60 | | | |
| | | 0.00 | |
| 0.65 | | | |
| 0.70 | | | |
| 0.75 | | | |
| 0.80 | | | |
| 0.85 | | | |
| 0.90 | | | |
| 0.95 | | | |

Tabla 5 – Datos de Uso.

22. Una vez culminada la tabla aumente la resistencia del reóstato (I), apague la fuente de alimentación (D).
23. Abrir el interruptor del paso a la corriente de excitación del Generador síncrono (E).
24. Guarde la información de la tabla en un archivo. Luego borrar los datos de la tabla para realizar el siguiente ensayo.
25. Encontrar la ecuación que relacione la potencia reactiva en función de la corriente de excitación.

Escribir la ecuación de la recta: _____

26. Realizar la conexión mecánica entre motor y dinamómetro.

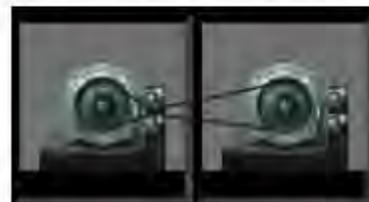


Figura 26 – Conexión mecánica: Motor y Dinamómetro

5.7. ENSAYOS CON CARGA PARA EL MOTOR SINCRONO.

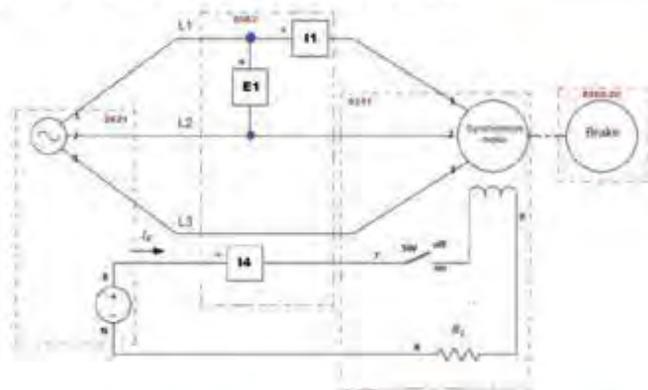


Figura 27 - Esquema de ensayo con carga



Figura 28 - Conexión para el ensayo con carga

a. ENSAYOS CON CARGA A TORQUE CONSTANTE.

Obtenciones de curva de corriente de línea versus corriente de campo ó excitación a potencia de salida constante.

Con el circuito cableado según la Figura 26:

1. Configurar los Aparatos de medición en el icono de la barra del programa (A).

| | | | | | |
|-------------------------|--------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|
| M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Voltaje de Fase | Corriente de Fase | P Trifásica | Q Trifásica | S Trifásica | Torque |
| M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 |
| Corriente de Excitación | Factor de Potencia | Angulo de desfase | | | RPM |
| M13 | M14 | M15 | M16 | M17 | M18 |
| | | | | | Potencia Mecánica |

Figura 29 - Configuración de Instrumentos

2. Configurar la tabla de datos en el icono de la barra del programa (B).
3. Encender el dinamómetro (G).
4. Encender la alimentación eléctrica de la Interfaz de adquisición de datos (C).
5. Configurar el dinamómetro en el icono de la barra del programa (H). Y **minimizar** la pantalla.

Función: Motor de impulsión / Freno de par constante, de dos cuadrantes

Torque (Nm): 0.267 (Valor mínimo que acepta en dinamómetro)

Estado: En marcha

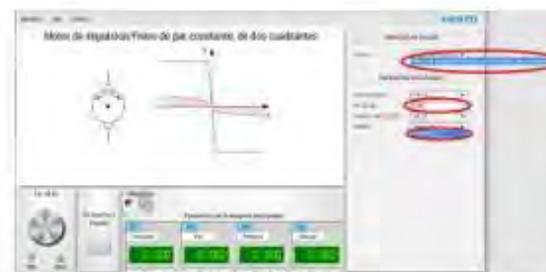


Figura 30 – Configuración del dinamómetro

6. Activar la llave de encendido de la fuente de alimentación (D).
7. Verificar que la velocidad llegue a un valor superior al 95% de la velocidad nominal. (Asegurar que el dinamómetro este con torque min)
8. Cerrar el interruptor de paso a la corriente de excitación del Generador síncrono (E). Y verificar que la velocidad del motor sea la síncrona.
9. Anotar el punto inicial en la tabla e incrementar el valor de la corriente de excitación según la tabla siguiente.

Nota: Tomar el punto para Q trifásico $Q_{3\phi} = 0$

| Torque = 0.267 Nm | | | |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Corriente de excitación I_f | Corriente de Fase I_{ra} | P trifásico $P_{3\phi}$ | Q trifásico $Q_{3\phi}$ |
| 0.50 | | | |
| 0.55 | | | |
| 0.60 | | | |
| 0.65 | | | |
| 0.70 | | | |
| 0.75 | | | |
| 0.80 | | | |
| 0.85 | | | |
| 0.90 | | | |
| 0.95 | | | |
| | | 0 | |

Tabla 6 – Ensayo con carga y $T=0.267$

10. Grabar los datos de la tabla en un archivo.
11. Disminuir la corriente de excitación utilizando girando el reóstato (F) en sentido anti horario.
12. Modifique el torque del motor a los valores de $T= 0.464$ y $T=0.928$ y repita los pasos a partir del punto 9 al 11. Llenando las tablas 7 y 8.

| Torque = 0.464 Nm | | | |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Corriente de excitación I_f | Corriente de Fase I_{ra} | P trifásico $P_{3\phi}$ | Q trifásico $Q_{3\phi}$ |
| 0.50 | | | |
| 0.55 | | | |
| 0.60 | | | |
| 0.65 | | | |
| 0.70 | | | |
| 0.75 | | | |
| 0.80 | | | |
| 0.85 | | | |
| 0.90 | | | |
| 0.95 | | | |
| | | 0 | |

Tabla 7 – Ensayo con carga y $T=0.464$

| Torque = 0.928 Nm | | | |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Corriente de excitación I_f | Corriente de Fase I_{ra} | P trifásico $P_{3\phi}$ | Q trifásico $Q_{3\phi}$ |
| 0.50 | | | |
| 0.55 | | | |
| 0.60 | | | |
| 0.65 | | | |
| 0.70 | | | |
| 0.75 | | | |
| 0.80 | | | |
| 0.85 | | | |
| 0.90 | | | |

| I de excitación = 0.80 A | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Torque | Corriente de Fase I_{an} | P Inducido P_{an} | Q Inducido Q_{an} |
| 0.267 | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 0.8 (T_d) | | | |

Tabla 11 – Ensayo con I_{exc} constante

Nota las tablas a llenar serán compartidas en un archivo colaborativo a cada grupo.

6. COMPLEMENTO DE LAS ACTIVIDADES DE MEDICIÓN:

- Preparar una explicación para realizar el equivalente monofásico del generador ensayado.
- Con los datos del ensayo de vacío graficar la curva E_a vs I_a .
- Con los datos del ensayo de cortocircuito graficar la curva I_a vs I_f .
- Crear un programa u hoja de cálculo para a partir de los datos de resistencias, el ensayo de vacío y el ensayo de cortocircuito se pueda calcular el circuito equivalente.
- Crear un programa u hoja de cálculo para que con los datos del circuito equivalente se pueda estimar la corriente de armadura, potencia activa y potencia reactiva para una determinada carga mecánica.
- Responder las preguntas de la hoja de "Experiencia Calculada"
- Analizar que sucede con las diversas cargas, velocidades y corrientes de excitación.
- Redactar observaciones y conclusiones.

Anexo 4. Hoja de trabajo Colaborativo.



K7

Datos de Placa

| | | |
|------------|------|-------|
| Pot Meca | 175 | W |
| Velocidad | 1800 | rpm |
| Voltaje | 208 | V |
| Corriente | 0,8 | A |
| Frecuencia | 60 | Hz |
| Fases | 3 | fases |

Grupo 1

| | |
|----------|---|
| 20170131 | x |
| 20181216 | x |
| 20183237 | x |

Resistencia de Armadura

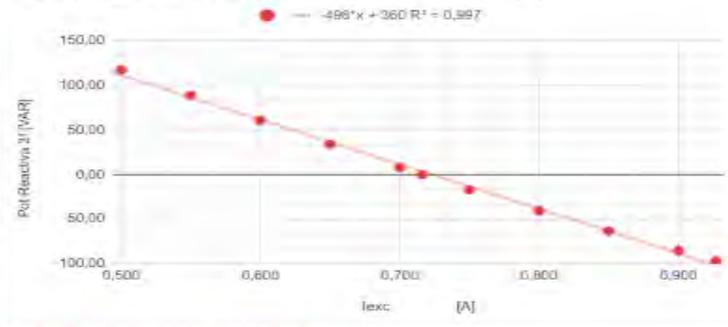
| | | |
|--------------|-------|-----|
| Resis prom : | 20,69 | ohm |
|--------------|-------|-----|

Ensayo de Vacío

| | | |
|-----------|-------|-----|
| V nom f | 120,1 | V |
| velocidad | 1800 | RPM |

| | I _{exc} [A] | I _{armadura} [A] | Pot Activa 3f [W] | Pot Reactiva 3f [VAR] | |
|----|----------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|----------|
| 21 | 0,500 | 0,320 | 24,45 | 117,00 | 20170131 |
| 22 | 0,550 | 0,244 | 23,22 | 88,46 | 20181216 |
| 23 | 0,600 | 0,174 | 22,50 | 60,40 | 20183237 |
| 24 | 0,650 | 0,107 | 22,21 | 33,68 | 20170131 |
| 25 | 0,700 | 0,082 | 22,31 | 7,67 | 20181216 |
| 26 | 0,716 | 0,059 | 22,41 | -0,14 | |
| 27 | 0,750 | 0,076 | 22,75 | -17,11 | 20183237 |
| 28 | 0,800 | 0,125 | 23,47 | -40,49 | 20170131 |
| 29 | 0,850 | 0,181 | 24,47 | -63,32 | 20181216 |
| 30 | 0,900 | 0,238 | 25,69 | -85,14 | 20183237 |
| 31 | 0,927 | 0,268 | 26,45 | -96,86 | 20170131 |

Pot Reactiva 3f [VAR] frente a I_{exc} [A]



VERIFICAR LA CONEXION DE FAJA DEL MOTOR Y DINAMOMETRO

Ensayo con carga

ENSAYOS CON CARGA A TORQUE CONSTANTE

| | I _{exc} [A] | I _{armadura} [A] | Pot Activa 3f [W] | Pot Reactiva 3f [VAR] | Torque [N.m] | Pot mec [W] | |
|----|----------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|--------------|-------------|----------|
| 40 | 0,500 | 0,370 | 88,23 | 106,60 | 0,267 | 50,35 | 20181216 |
| 41 | 0,550 | 0,311 | 87,14 | 77,36 | 0,267 | 50,35 | 20183237 |
| 42 | 0,600 | 0,265 | 86,56 | 49,12 | 0,267 | 50,35 | 20170131 |



Anexos 5. Experiencia Calculada – Tarea Académica para trabajo colaborativo (ABC).

MOTOR SINCRONO – Experiencia Calculada

Objetivos Principales:

- Determinar las características del motor como compensador sincrónico.

Objetivos Específicos:

- Observar la capacidad de generación de potencia reactiva (Q , V_s I_f) con el motor de operación en vacío y con carga.
- Obtener las curvas en V_s relación entre la corriente de línea vs la corriente de excitación del campo (I_L vs I_f)
- Comprender el valor límite del torque que entrega el motor sin pérdida de sincronismo (cut-out torque) y su relación con la corriente de excitación del campo (I_f).
- Estimar parámetros eléctricos del generador sincrónico bajo una determinada carga.

Figure 1 – Circuito Equivalente

Utilizar tabla de resultado o curvas encontradas en los ensayos.

Nota: Tener en cuenta que el motor tiene una alimentación $V_L=208V$ para conexión estrella, $f=60Hz$ y es de 4 polos.

I. MOTOR SINCRONO COMO REGULADOR DEL FACTOR DE POTENCIA.

Se tienen un sistema trifásico que opera una carga de $Z_L = 400 + 400j$ Ohm en conexión estrella, a una tensión de 208V. Realice la simulación en el LVSIM.

Determinar los parámetros de operación que debe tener el motor sincrónico para tener un factor de potencia en todo el sistema eléctrico de 1.

Medir el incremento de potencia activa en porcentaje que se genera.

Solucionario:

II. MOTOR SINCRONO CON SOBRECARGA.

El motor del laboratorio ha sido empleado en una faja transportadora de cajas. Mediante cálculos mecánicos se ha establecido que el torque opuesto en el eje del motor es de 0.464 N.m . En condiciones normales de operación, el motor trabaja a tensión nominal y con una corriente de excitación de 0.55 A .

- Verifique el funcionamiento, en las condiciones dadas, para el motor sincrónico. Utilice el software LVSIM.

Por un desperfecto en la etapa de alimentación, previa a la faja transportadora, se incrementa el número de cajas sobre la faja, lo cual ocasiona un incremento de torque hasta 1.196 N.m .

- Determine si el motor puede soportar la sobrecarga, es decir no perderá sincronismo. Verifique con ayuda del software LVSIM.
- Determine, mediante cálculos y utilizando los gráficos resultantes de laboratorio, el valor máximo de torque admisible para las condiciones iniciales.

III. CALCULO DE PARAMETROS DE OPERACIÓN MOTOR SINCRONO.

El motor sincrónico tiene una impedancia $Z_a = 22.95 + 87.92j$ Ohm; tiene un voltaje de línea de 208V, si se tiene una carga cuyo torque es 0.928 Nm y el torque de pérdidas mecánicas es 0.11 Nm , se pide hallar la corriente de excitación si se desea que el factor de potencia sea 1.



Anexos 6. Plataforma de simulación LVSIM.

The screenshot displays the LVSIM-EMS simulation environment. The main window shows a detailed circuit diagram with three primary components: a power source (Fuente de Alimentación), a four-quadrant dynamometer (Dinamómetro/Fuente de Alimentación de Cuatro Cuadrantes), and a synchronous motor (Motor/Aleñador Síncrono). The dynamometer is connected to the motor and provides real-time data on power and torque. The motor's control interface includes various knobs and switches for speed and torque regulation.

On the right side, a 'Meters' window (Aparatos de medición) displays 16 digital readouts (M1-M16) for various electrical parameters:

| M1 | E1 | M2 | E2 | M3 | E3 | M4 | A17/T |
|-------|--------------------|-------|--------------------|-----|---------------------|-----|-------------|
| 124.8 | 124.8 | 124.9 | 0.267 | | | | |
| CA | V | CA | V | CA | V | | N·m |
| M7 | I1 | M8 | I4 | M9 | Pm / (P1 + P2 + P3) | M10 | A18/n |
| 0.259 | 0.608 | 58.23 | 1800 | | | | |
| CA | A | CA | A | NC | % | | r/min |
| M13 | PQS1 + PQS2 + PQS3 | M14 | PQS1 + PQS2 + PQS3 | M15 | PQS1 + PQS2 + PQS3 | M16 | Pm (AI-7,8) |
| 86.46 | 44.37 | 97.18 | 0.000 | | | | |
| P | W | Q | Var | S | VA | P | W |

Below the meters, a waveform window (Ventana de muestreo) shows an extended view of the fundamental frequency (60.00 Hz) with a 5 ms/div time base. The plot displays two waveforms, one in blue and one in green, representing different electrical signals.

