



Universidad Femenina del Sagrado Corazón

Escuela de Posgrado

Programa Académico de Maestría en Educación

EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENSEÑANZA BASADO EN LA  
NEUROCIENCIA EN LOS APRENDIZAJES: PLAN DE MEJORA

Tesis presentada por:

ROCÍO LESLIE ARISTA ALARCÓN

Para obtener el Grado Académico de  
MAESTRA EN EDUCACIÓN

Con mención en Docencia Universitaria

Asesor

Elena Roxana Saona Betetta  
Cód. Orcid: 0000-0003-3694-0558

Lima – Perú  
2022

Los miembros del jurado han aprobado el estilo y el contenido de la tesis sustentada por:

ROCÍO LESLIE ARISTA ALARCÓN

Elena Roxana Saona Betetta

---

Nombre(s) y Apellidos, Asesora

Nilda Elizabeth Salvador Esquivel

---

Nombre(s) y Apellidos, Informante final

Mariella Victoria Mendoza Carrasco

---

Nombre(s) y Apellidos, Directora del Programa Académico

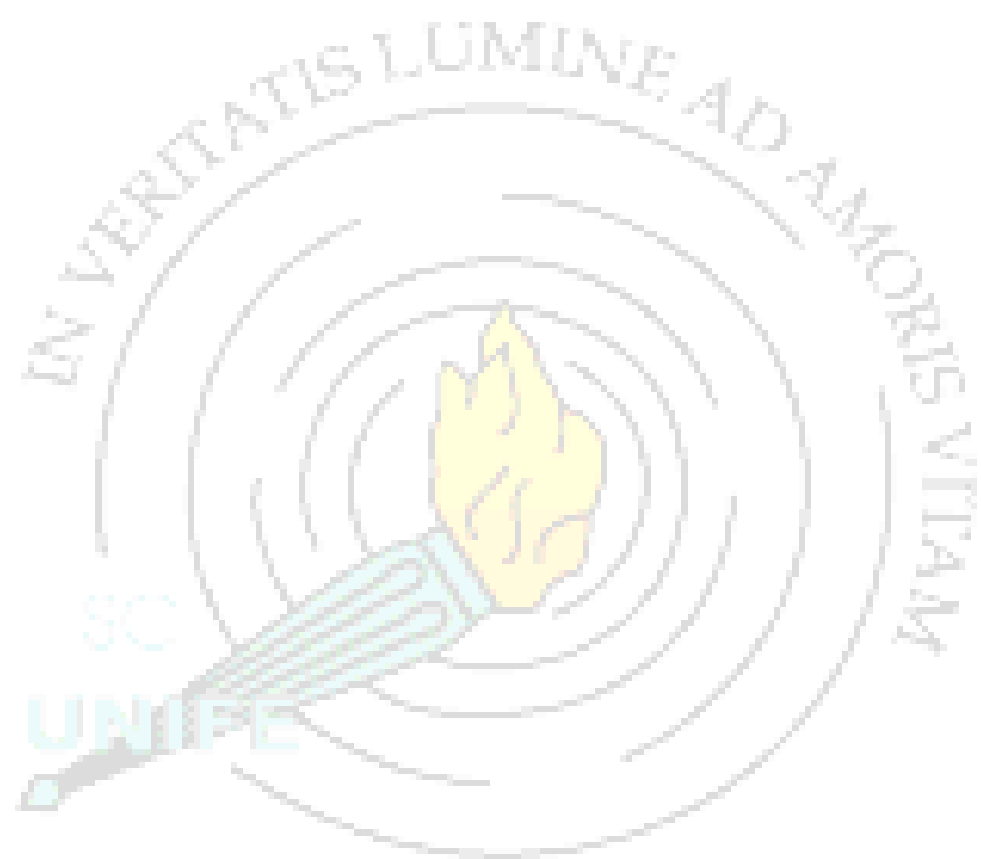
Rosario Guadalupe Alarcón Alarcón

---

Nombre(s) y Apellidos, Directora de la Escuela de Posgrado

---

Dra. Rosario Alarcón Alarcón  
Directora de la Escuela de Posgrado



## RESUMEN

Los objetivos generales de la presente investigación fueron determinar el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia en los aprendizajes, con enfoque en su calidad, del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima, y, según los resultados, mejorar tal programa de enseñanza. Se usaron tres dimensiones para la variable calidad de los aprendizajes: 1) solución de problemas auténticos, 2) activación y 3) integración, que corresponden a tres de los cinco principios de la instrucción de Merrill (2007). La investigación es de nivel explicativo o de comprobación de hipótesis causales, es de tipo aplicada y tecnológica y su diseño es cuasiexperimental. Se utilizó una traducción y adaptación del instrumento TALQ elaborado por Frick, Chadha, Watson y Zlatkosva en 2010. La escala de evaluación es tipo Likert de 1 a 5. El programa de enseñanza basado en la neurociencia diseñado y aplicado recurre a estrategias que activan las funciones ejecutivas, la atención, la memoria, las emociones y la motivación. La investigación utilizó dos muestras: la experimental recibió el programa y estuvo compuesta de 23 estudiantes, y la de control no recibió el programa y estuvo compuesta de 25 estudiantes. Dado que la hipótesis general fue rechazada, es decir, no se observó diferencia en las medianas entre el grupo de control y el experimental ni entre la situación antes de recibir el programa y después de recibirlo, se propuso un Plan de Mejora al programa de enseñanza elaborado.

Palabras clave: neurociencia, aprendizaje, calidad del aprendizaje, instrucción.

## ABSTRACT

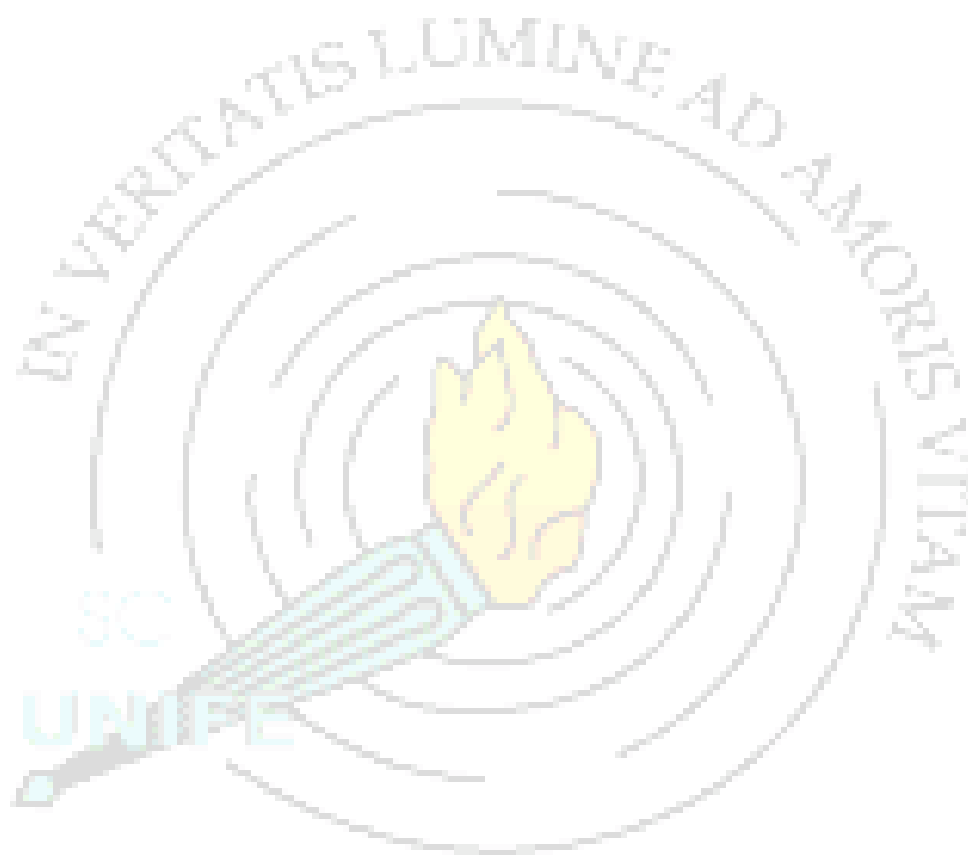
The general objectives of this investigation were to determine the effect of the application of a neuroscience-based teaching program on learning, with focus on its quality, of the Fluid Mechanics I course in the students of the Civil Engineering career of a public university in Lima, and, according to the results, improve such teaching program. Three dimensions were used for the learning quality variable: 1) authentic problem solving, 2) activation, and 3) integration, which correspond to three of the five principles of instruction by Merrill (2007). The research is of an explanatory or causal hypothesis testing level, it is applied and technological, and its design is quasi-experimental. A translation and adaptation of the TALQ instrument developed by Frick, Chadha, Watson and Zlatkosva in 2010 was used. The evaluation scale is Likert-type from 1 to 5. The designed and applied neuroscience-based teaching program uses strategies that activate executive functions, attention, memory, emotions and motivation. The research used two samples: the experimental one received the program and was composed of 23 students, and the control sample did not receive the program and was composed of 25 students. Since the general hypothesis was rejected, that is, no difference was observed in the medians between the control and experimental groups or between the situation before receiving the program and after receiving it, an Improvement Plan was proposed for the teaching program developed.

Keywords: neuroscience, learning, quality of learning, instruction.

## RECONOCIMIENTOS

Para esta tesis conté con la asesoría de la Mg. Elena Roxana Saona Betetta.

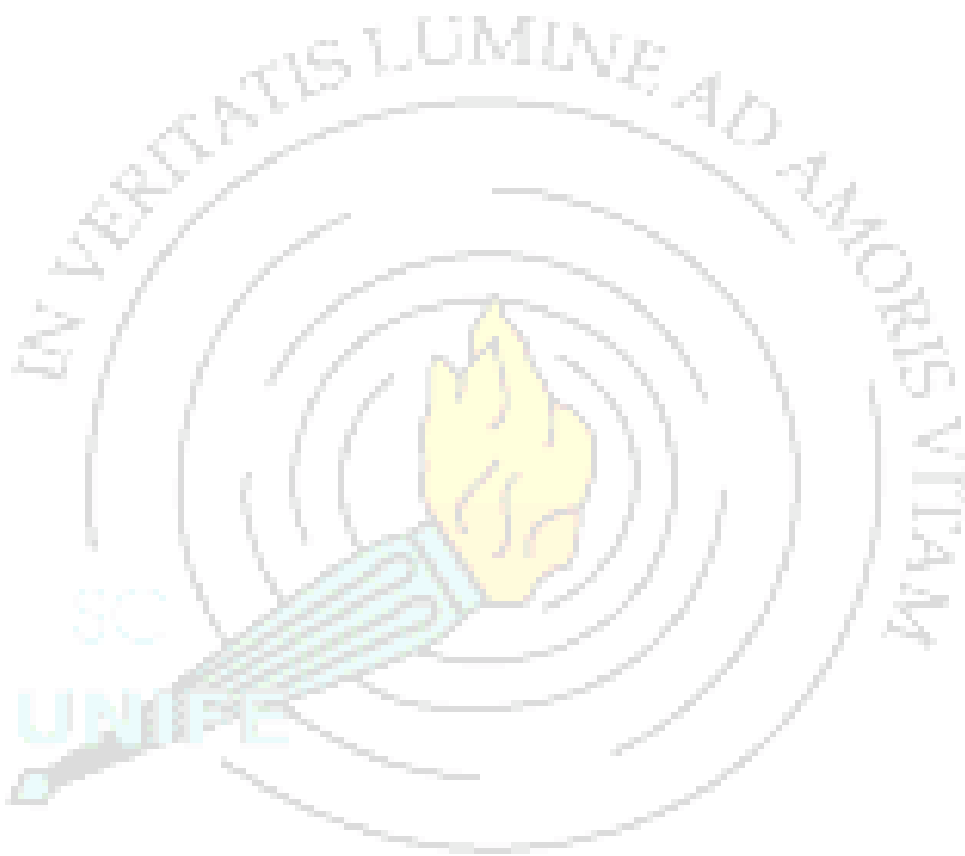
También conté con la orientación de la informante, Dra. Nilda Elizabeth Salvador Esquivel.



## ÍNDICE

	Página
RESUMEN/ABSTRACT.....	4
RECONOCIMIENTO.....	5
ÍNDICE.....	6
LISTA DE TABLAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2 Justificación de la investigación.....	20
1.3 Delimitación y limitaciones de la investigación.....	21
1.4 Objetivos de la investigación.....	22
1.4.1 Objetivos generales.....	22
1.4.2 Objetivos específicos.....	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 Antecedentes de la investigación.....	24
2.2 Bases teóricas.....	29
2.2.1 Aprendizaje.....	29
2.2.2 Neurociencia.....	48
2.2.3 Programa de enseñanza basado en la neurociencia.....	66
2.3 Definición de términos.....	68
2.4 Hipótesis.....	69
2.4.1 Hipótesis general.....	69
2.4.2 Hipótesis específicas.....	69
	6

CAPÍTULO III: MÉTODO.....	71
3.1 Nivel, tipo y diseño de la investigación.....	71
3.2 Participantes.....	72
3.2.1 Población.....	72
3.2.2 Muestra.....	73
3.3 Variables de investigación.....	74
3.3.1 Variable dependiente: Calidad de los aprendizajes.....	74
3.3.2 Variable independiente: Programa de enseñanza basado en la neurociencia.....	76
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	77
3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	81
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	84
4.1 Estadísticos descriptivos.....	84
4.2 Prueba de hipótesis.....	86
4.3 Resultados complementarios.....	89
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	90
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
6.1 Conclusiones.....	107
6.2 Recomendaciones.....	109
REFERENCIAS.....	110
APÉNDICE A.....	115
APÉNDICE B.....	135
APÉNDICE C.....	159
APÉNDICE D.....	160
APÉNDICE E.....	162



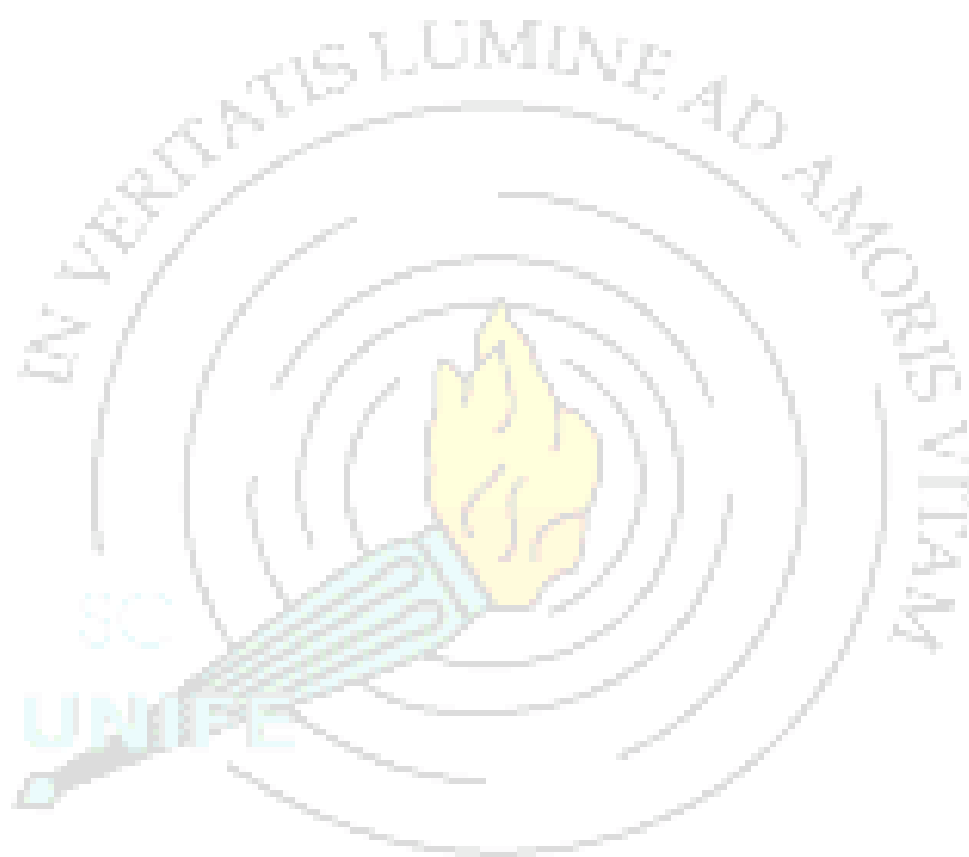


## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Operacionalización de la variable dependiente Calidad de los aprendizajes.....	75
2. Ficha técnica de la traducción y adaptación del instrumento TALQ.....	76
3. Operacionalización de la variable independiente Programa de enseñanza basado en la neurociencia.....	77
4. Valores del coeficiente $\alpha$ de Cronbach (TALQ original).....	79
5. Valores del coeficiente V de Aiken para Validez de contenido...	80
6. Valores del coeficiente $\alpha$ de Cronbach (Prueba piloto).....	81
7. Estadísticos descriptivos y prueba de normalidad para Problemas auténticos.....	85
8. Estadísticos descriptivos y prueba de normalidad para Activación.....	85
9. Estadísticos descriptivos y prueba de normalidad para Integración.....	86
10. Contrastación de medianas entre posexperimental y poscontrol	87
11. Contrastación de medianas en el grupo experimental.....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Tres tipos de neurona.....	51
2. Esquema de una neurona y sus partes.....	51



## INTRODUCCIÓN

La presente tesis evalúa el efecto que un programa de enseñanza basado en la neurociencia tiene sobre los aprendizajes, enfocándose en su calidad, en el curso Mecánica de fluidos I de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima y, luego de analizar su efectividad, propone un plan de mejora al programa de enseñanza inicialmente diseñado y aplicado. Para diseñar y mejorar el mencionado programa de enseñanza se ha leído abundante información acerca del tema de neurociencia, con enfoque en cómo el cerebro usa sus variadas funciones mentales para aprender y recordar lo aprendido. De hecho, fue el interés por la neurociencia lo que originó esta tesis puesto que era sobre este tema que abundaría la lectura; sin embargo, al estudiar el efecto del programa de enseñanza sobre la calidad de los aprendizajes, se tuvo que leer profusamente acerca del aprendizaje, lo cual resultó ser igualmente interesante y satisfactorio.

Esta tesis es novedosa porque aborda el tema de la neurociencia con detalle y el tema de la calidad del aprendizaje con bases teóricas actuales, además de adaptar un instrumento que mide la calidad de la enseñanza y el aprendizaje al contexto nacional. Asimismo, se considera que el programa de enseñanza basado en la neurociencia elaborado y mejorado podría ser replicado en otros cursos del área de Ingeniería, beneficiando así a los estudiantes universitarios y a la educación superior en general.

Esta investigación plantea entonces dos objetivos generales: establecer el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia en los aprendizajes, y, de acuerdo a la efectividad hallada, proponer

un plan de mejora al programa de enseñanza inicialmente diseñado. El efecto sobre los aprendizajes sería analizado en cuanto a: 1) la solución de problemas auténticos, 2) la activación, enlazar la pasada experiencia con lo que se aprende, y 3) la integración, usar lo que se aprendió en la vida real, en los estudiantes del curso Mecánica de fluidos I de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.

En el primer capítulo se plantea el problema, se analiza la situación de la educación superior en América Latina y el Perú, se señala el interés latente sobre la calidad de la educación y, por ende, de los aprendizajes, se sustenta la importancia de las tres dimensiones consideradas para evaluar la calidad de estos aprendizajes, se justifica, se delimita y se proponen los objetivos generales y específicos de la investigación.

El segundo capítulo se ocupa del marco teórico de la investigación. Se aborda el tema del aprendizaje, desde las teorías más aceptadas hasta los enfoques que se vienen mencionando a nivel universitario, como el aprendizaje centrado en el estudiante, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje complejo. Luego se aborda el tema de la calidad de los aprendizajes, cuya base teórica son los primeros principios de la instrucción de Merrill, los cuales vienen siendo utilizados en distintas investigaciones. De otro lado, se trata el tema de la neurociencia, desde el desarrollo del cerebro hasta su relación con procesos importantes para el aprendizaje, como las funciones ejecutivas, la atención, la memoria, las emociones y la motivación. Se definen los términos más importantes y se concluye con la exposición de la hipótesis general y las hipótesis específicas.

En el capítulo 3 se describe el método utilizado. Se precisa el nivel, tipo y diseño de la investigación, se describe la población y las muestras (grupo experimental y de control), se definen las variables de investigación, tanto conceptualmente como operacionalmente, se presenta el instrumento utilizado para medir la variable calidad de los aprendizajes y el programa de enseñanza basado en la neurociencia elaborado inicialmente, se explican las técnicas e instrumentos de recolección de los datos, se presenta el análisis de confiabilidad del instrumento tanto en su formato original como su traducción y adaptación mediante una prueba piloto, la validez de contenido tanto del instrumento como del programa de enseñanza elaborado sometiéndolos a juicio de expertos, y se indican las técnicas de procesamiento y análisis de los datos.

En el capítulo 4 se presentan los resultados, tanto los estadísticos descriptivos, las pruebas de normalidad, como la prueba de las hipótesis. Además, se ha adicionado resultados complementarios que permiten encontrar puntos a favor del programa de enseñanza elaborado.

En el capítulo 5 se presenta la discusión de los resultados actualizando información bibliográfica para su sustento.

Finalmente, en el capítulo 6 se muestran las conclusiones a las que se llegó con los resultados y las recomendaciones según toda la información revisada.

# **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se presenta el planteamiento del problema y la justificación, delimitación, limitaciones y objetivos de la investigación.

## **1.1 Planteamiento del problema**

La presente investigación busca diseñar y aplicar un programa de enseñanza basado en la neurociencia para observar su efecto sobre los aprendizajes, centrándose en su calidad y, luego de evaluar su efectividad, explora el proponer un plan de mejora a dicho programa de enseñanza. Esta temática se corresponde con la línea de investigación de la Maestría en Educación: Didáctica en Instituciones Educativas en la cual se propone como tema: Neurociencias y Educación. Se trata de aplicar un programa de enseñanza innovador a nivel universitario y analizar si incide sobre la calidad de los aprendizajes, calidad que será evaluada por los estudiantes. El programa de enseñanza es sujeto de mejora según resultados de su efectividad.

La educación superior en América Latina viene atravesando una tercera reforma que se inició a mediados de la década de 1990 en una sociedad con cambios marcados “por la creciente renovación de saberes en el marco de las sociedades del conocimiento, del desarrollo de nuevas tecnologías de información y comunicación, de la globalización económica y de la creciente internacionalización de la educación superior”, además de la inclusión de minorías (Rama en IESALC, 2007, p. 13). La tendencia ha sido la masificación de la educación superior en América Latina: en el año 2003, en Perú se tenía un total de 871 145 estudiantes matriculados con una población de 20 a 24 años de

2 629 400; es decir, que el 33,1 % de los jóvenes cursaba una carrera universitaria (UNESCO en IESALC, 2007). Este porcentaje ha ido en aumento puesto que las personas tienen “una mayor propensión a estudiar como instrumento de defensa social [lo que] contribuye [a]... un nuevo rol del Estado estableciendo procesos de fiscalización y control sobre la calidad y pertinencia de la educación superior” (Rama en IESALC, 2007, p. 14). Asimismo, como indica Fernández en IESALC (2007): “... la preocupación por el tema de la calidad es un denominador común en América Latina” (p. 34).

La concepción de calidad varía según los actores:

Para los académicos se refiere a los saberes; para los empleadores a competencias; para los estudiantes a la empleabilidad; para la sociedad a ciudadanos respetables y competentes; para el Estado, según la concepción que asuma, puede variar de aspectos vinculados con el desarrollo social y humano a la eficiencia, a los costos y a los requerimientos de capital humano (Fernández en IESALC, 2007, p. 37).

El autor indica además que el concepto de calidad “debe ser construido a través de consensos y negociaciones entre los actores” (p. 37).

Se desprende entonces la importancia de la calidad en la educación superior en América Latina y, con ello, en nuestro país, prestando importancia a los “...procesos que impulsan en las instituciones de educación superior al logro de metas cada vez más altas y a cumplir de manera satisfactoria con las responsabilidades y expectativas que le son planteadas...” (Lanz, Fergusson y Marcuzzi en IESALC, 2007, p. 109).

Es así que los retos en la enseñanza universitaria serían entonces atender la pertinencia social, la democracia, la equidad, la calidad e innovación, la autonomía responsable, el ejercicio del pensamiento crítico, la formación integral, la educación humanística y ética, y la educación a lo largo de la vida (Lanz, Fergusson y Marcuzzi en IESALC, 2007).

A nivel de aula, mejorar el aprendizaje, y con ello la educación, es el objetivo de todo docente: lograr que los estudiantes aprendan lo que se imparte y que este aprendizaje sea sólido y duradero. En el contexto universitario las materias demandan mucho conocimiento: el profesor universitario requiere dominar el tema que enseña y, dado que el aprendizaje recurre en alto grado a la dedicación del estudiante —él es quien tiene el control de su aprendizaje— se suele considerar más importante ese conocimiento y se presta poca atención a la forma en que este es transmitido.

Es importante decir que la principal contribución de las teorías e investigaciones en el área de educación tendría que ser potenciar la enseñanza que propicia el aprendizaje (Schunk, 2012). A este respecto se cita lo siguiente: “[para] Fingermann (2010) «un aprendizaje de calidad es aquel que logra captar lo más importante de los contenidos y retenerlos en la memoria a largo plazo, pues se integran en forma significativa con los conocimientos anteriormente adquiridos» (p. 42)” (Citado por Carrasco y García, 2018, p. 50). Es importante resaltar aquí el enlazar lo que se aprende con los conocimientos y experiencias previas, con lo que ya el estudiante conoce. Se considera entonces que esta es una medida de la calidad del aprendizaje, como lo corroboran Merrill (2007), Frick, Chadha, Watson y Zlatkosva (2010) y Felipa-Andrade (2020).

Por otro lado, “Van Merriënboer et al. (2002) [indican] que existe una necesidad de que los estudiantes sean capaces de transferir las habilidades cognitivas... a «un conjunto incrementalmente variado de contextos del mundo real»” (citado por Frick et al., 2010, p. 115). Esto sugiere que el estudiante sea sometido a la solución de problemas auténticos (de aplicación a la vida real),



como también que pueda aplicar lo que aprende a su vida diaria, constituyéndose así dos medidas adicionales de la calidad del aprendizaje.

Merrill enunció en 2002 los Primeros Principios de la Instrucción, los cuales han sido usados en la elaboración del instrumento TALQ (Teaching and Learning Quality; en español: Calidad de la Enseñanza y el Aprendizaje) elaborado por Frick et al. (2010) y el cual ha sido utilizado en otras investigaciones (Kim, Jung, De Siqueira y Huber, 2016). Según indica Felipa-Andrade (2020), en el ciclo de aprendizaje planteado por Merrill, la tarea se sitúa en el centro del proceso, planteándose situaciones reales, lo que vendrían a ser las tareas o problemas auténticos (primer principio). Se aplican entonces cuatro principios adicionales, principio de activación: en el cual se promueve la activación de los conocimientos y experiencias previos de quien aprende y que corresponden según la competencia que se espera formar en él, además del uso de herramientas que permitan organizar mentalmente lo que activa y lo nuevo; principio de demostración: el cual se centra en la actividad del docente, quien debe llevar a cabo una demostración sólida en la que el estudiante observe la habilidad que se pretende potenciar; principio de aplicación: proceso en el que se usan o ejecutan los conocimientos y las habilidades luego de lo observado en la demostración y que dependen de una adecuada retroalimentación; y por último, el principio de integración: los estudiantes usan lo aprendido y lo ponen en práctica en su diario vivir.

Es así que estas medidas o indicadores, que nos permiten evaluar la calidad del aprendizaje, son considerados importantes al evaluar la respuesta del estudiante ante una metodología de enseñanza dada.

Respecto a las metodologías de enseñanza utilizadas en educación superior, en América Latina se ha adoptado el enfoque educativo por competencias, el cual “pretende que la educación tenga como propósito que los estudiantes sean aprendices autónomos, independientes y autorregulados, capaces de aprender a aprender para alcanzar el aprendizaje significativo” (León, Risco y Alarcón, 2014, p. 128). Es así que aparecen en el léxico educativo términos como metacognición, autorregulación, pensamiento crítico, motivación, interdisciplinariedad, entre otros. Cabe señalar que las metodologías pueden estar referidas a las estrategias instructivas que el docente utiliza, como a las estrategias de aprendizaje utilizadas por los estudiantes (León et al., 2014). Entre las estrategias instructivas aparecen: el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje orientado a proyectos, el estudio de casos, entre otros (Heredia en Salazar, Peña y Medina, 2018).

En años recientes ha aparecido la neurociencia cognitiva y se está posicionando como una ciencia que puede colaborar con la educación. Algunas estrategias educativas que se vienen utilizando son consideradas actualmente neurocientíficas, de modo que la neurociencia las está confirmando como de valor para la educación.

La neurociencia cognitiva germinó al aproximarse “la psicología cognitiva, que estudia las funciones mentales superiores, y la neurociencia, que estudia el sistema nervioso que las sustenta” (Escera en Redolar, 2014, p. XI). Si bien el aprendizaje y la enseñanza han sido investigados o estudiados separadamente durante muchos años, el primero por psicólogos y el segundo por educadores (Schunk, 2012), la sinergia de los hallazgos tanto entre psicólogos y neurocientíficos como entre psicólogos y educadores se ha producido y,

enfaticando que la neurociencia cognitiva no enuncia propuestas educativas propiamente dichas, sino enfoques específicos que pueden ser trasladados al ámbito educativo, en las últimas décadas se ha podido profundizar en cómo el ser humano realiza las funciones cognitivas, interesando aquí las funciones ejecutivas, las cuales “son un elemento esencial de la cognición humana y constituyen actualmente un tema en ebullición dentro del ámbito de las neurociencias” (Portellano y García, 2014, p. 143). También son importantes la atención, la memoria, las emociones y la motivación.

El cerebro ha sido tema de estudio, investigación y discusión desde siempre; sin embargo, un avance significativo se produjo cuando Santiago Ramón y Cajal, en 1889, mostró al mundo la unidad fundamental del sistema nervioso: la neurona. Luego, durante el siglo XX y con los avances tecnológicos que se fueron desarrollando, se fue observando con mayor precisión a estas unidades y las redes que forman, hasta que la década de 1990 fue denominada la década del cerebro (González en Redolar, 2014, pp. 3-20). Y como continúa señalando González: “... las técnicas recientes de neuroimagen y de registro neurofisiológico ofrecen la oportunidad de observar al cerebro en acción” (Redolar, 2014, p. 20). Es así que mucho se sabe hoy acerca del cerebro y de cómo pensamos, sentimos y somos humanos, teniendo esto repercusión en muchas áreas, entre ellas la educación. Como indica Geake (2002): “... si el aprendizaje es el concepto principal de la educación, entonces algunos de los descubrimientos de la neurociencia pueden ayudarnos a entender mejor los procesos de aprendizaje de nuestros [estudiantes] y, en consecuencia, enseñarles de manera más apropiada, efectiva y agradable” (citado por Salas, 2003, p. 156).

Aunque existen investigaciones acerca de la aplicación de la neurociencia en la enseñanza de cursos de educación superior, no se ha hallado este tipo de investigación aplicada a cursos de Ingeniería. Se cuenta con algunas investigaciones respecto a la aplicación de la neurociencia en la enseñanza de las matemáticas, con la contribución de señalar al lóbulo parietal, principalmente, además de los lóbulos frontal y temporal y la corteza prefrontal como las áreas que se activan al realizar tareas numéricas, tanto en niños como en adultos (Gracia-Bafalluy y Escolano-Pérez, 2014). Sin embargo, estas investigaciones no especifican cuáles son las estrategias neurocientíficas que pueden emplearse, lo cual sí se encuentra en otras áreas de aplicación, como la biología (Zull, 2002). Es por ello que en esta investigación se plantea elaborar un programa de enseñanza basado en la neurociencia para el dictado de un curso de ingeniería y evaluar si su aplicación tiene un efecto sobre los aprendizajes de los estudiantes. Tal aplicación será analizada para observar qué mejoras se pueden introducir en el programa de enseñanza a elaborar.

Es así que surgen las preguntas: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia sobre los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima? ¿Cómo puede mejorarse el programa de enseñanza basado en la neurociencia inicialmente elaborado luego de observar su efectividad?

## **1.2 Justificación de la investigación**

Desde el punto de vista teórico, la tesis se considera un aporte para la difusión de lo que se sabe hasta el momento en el campo de la neurociencia y de la aplicación de tales hallazgos en entornos de enseñanza superior

universitaria. La neurociencia cognitiva se sirve de la investigación para probar ser válida o para adecuarse según lo que se halle en las distintas áreas de aplicación, centrándonos en este caso en la práctica educativa. Es importante la conjunción de la teoría con la práctica y la investigación. De otro lado, la presente investigación toca el tema de la calidad de los aprendizajes de una manera actualizada. El tema del aprendizaje ha sido abordado ampliamente por distintos investigadores; sin embargo, en esta investigación se aborda el tema de su calidad.

Desde el punto de vista práctico, esta investigación propone un programa de enseñanza innovador que podría mejorar el dictado del curso sobre el cual es aplicado; además, este puede ser mejorado y luego replicado en otros cursos de las carreras de ingeniería. De este modo los beneficiados serían los estudiantes y el sistema educativo universitario en general.

Desde el punto de vista metodológico, en esta investigación se utilizará una adaptación del instrumento TALQ, el cual evalúa cinco principios de la instrucción: problemas auténticos, activación, demostración, aplicación e integración, y fue desarrollado para el ámbito universitario por Frick et al. en el año 2010.

### **1.3 Delimitación y limitaciones de la investigación**

El contexto es un curso de quinto ciclo de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima. Se trata del curso Mecánica de fluidos I, el primero de una de las cinco especialidades de la carrera: la especialidad de hidráulica e hidrología. Los estudiantes, aunque distintos, son similares en cuanto a formación: han aprobado cuatro ciclos de formación en ciencias básicas, de modo que la aplicación de matemáticas y física a nivel avanzado no

es problema para ellos. Son alumnos en su mayoría de bajos recursos y algunos son procedentes del interior del país. Tienen facilidad lógico – matemática pero no todos tienen facilidad verbal.

El programa de enseñanza ha sido aplicado durante un periodo o ciclo académico y los estudiantes han sido evaluados usando el instrumento mencionado. Durante el ciclo se dejaron trabajos, tareas, se experimentó, y en algunas de estas prácticas se fomentó el trabajo grupal. El instrumento es un cuestionario que ya ha sido utilizado en otros contextos universitarios internacionales, pero ha sido validado por profesionales expertos para su uso en la presente investigación.

Las limitaciones de la investigación serían que los resultados no pueden ser generalizados para otros contextos; es decir, se limitan a un curso básico del área de ingeniería. Asimismo, una limitación ha sido el no contar con variedad de investigaciones similares realizadas en contextos similares, tanto a nivel nacional como internacional.

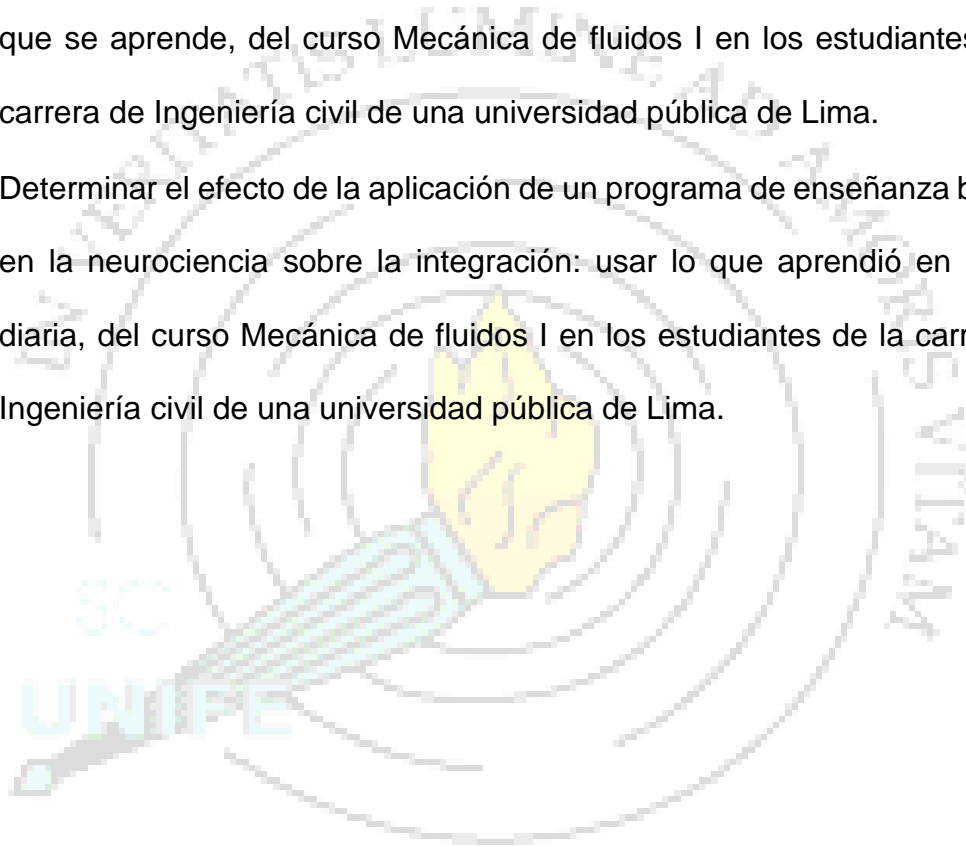
#### **1.4 Objetivos de la investigación**

##### **1.4.1 Objetivos generales**

- Determinar el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia sobre los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.
- Proponer un plan de mejora al programa de enseñanza luego de evaluar su efecto sobre los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia sobre la solución de problemas auténticos del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.
- Determinar el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia sobre la activación: enlazar la pasada experiencia con lo que se aprende, del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.
- Determinar el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia sobre la integración: usar lo que aprendió en la vida diaria, del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta los antecedentes nacionales e internacionales más relevantes para esta tesis. Vale señalar que hay escasos antecedentes para el tema de neurociencia, pues este no ha sido ampliamente investigado en el campo educativo, sobre todo a nivel nacional. Se ha incluido investigaciones en las cuales se ha aplicado un programa y se ha analizado su efectividad, investigaciones acerca de la calidad de los aprendizajes y una investigación documental. Otra parte central de esta investigación son las bases teóricas, para finalmente concluir con la definición de los términos más importantes y las hipótesis de la investigación.

### 2.1 Antecedentes de la investigación

A nivel internacional:

Betegón (2017), en su trabajo de fin de máster “Neuroeducación, ansiedad y atención en alumnos de educación Primaria”, estudió si la inclusión de estímulos neuroeducativos tenía un efecto en la atención de alumnos con ansiedad. La muestra estuvo compuesta por un grupo de control de 22 estudiantes y un grupo experimental de 30 estudiantes, correspondientes a dos centros educativos. Además de la entrevista, la observación sistemática en códigos de conducta y la evaluación continua de los estudiantes, se utilizaron los siguientes instrumentos: cuestionario de autoevaluación de ansiedad en niños (estado y rasgo), el test de atención d2, el test de neuroatención y se recogieron datos con el dispositivo SocioGraph, el cual mide la atención y la emoción ante estímulos externos. Los resultados indican que el uso de una metodología



neuroeducativa incrementó el nivel de atención en el grupo experimental, con excepción de la neuroatención. De otro lado, respecto a la ansiedad, se observaron cambios escasos, debido quizás a que la intervención no fue prolongada. Asimismo, encontraron diferencias en los resultados entre los centros educativos estudiados.

Valerio, Jaramillo, Caraza y Rodríguez (2016), en su artículo “Principios de neurociencia aplicados en la educación universitaria”, estudiaron si había una mejora en la atención, la motivación y el desempeño académico de los estudiantes universitarios cuando se utilizaban prácticas de enseñanza basadas en la neurociencia. La muestra estuvo compuesta por un grupo de control de 20 estudiantes y un grupo experimental de 29 estudiantes. Se trataba en ambos casos de la misma asignatura y el mismo profesor. Los instrumentos utilizados fueron la observación no participante, dos pruebas estandarizadas (test de atención d2, el cual se usó para cuantificar la capacidad de atención de corto plazo y la velocidad de procesamiento, y el subtest de memoria lógica del test Barcelona para evaluar la capacidad de memoria verbal; ambas pruebas se aplicaron para cerciorarse de que los participantes tuvieran similares capacidades de atención y memoria), y una encuesta semanal para medir los niveles de motivación. Las calificaciones obtenidas por los estudiantes se usaron como evidencias de su rendimiento académico. Los investigadores concluyeron que las tres variables dependientes analizadas (atención, motivación y desempeño académico) fueron superiores en el grupo experimental.

Kim, Jung, de Siquiera y Huber (2016), en su artículo “An Investigation into Effective Pedagogies in a Flipped Classroom: A Case Study”, evaluaron las horas de laboratorio del dictado de un curso de posgrado del área de salud

pública para contestar dos preguntas: ¿Qué tipos de actividades instruccionales fueron facilitadas en las sesiones de laboratorio? Y ¿Las actividades instruccionales fueron útiles para que los estudiantes logren las competencias del curso? La muestra estuvo compuesta por 70 estudiantes y un instructor. Utilizaron como instrumentos la observación de tres sesiones de laboratorio, la entrevista al instructor y un cuestionario que fue adaptación del cuestionario TALQ (*Teaching and Learning Quality*), el cual evalúa los cinco principios de la instrucción de Merrill. Los resultados fueron, según la observación, que el principio más utilizado era la demostración, seguido de la activación y la integración; los menos utilizados fueron la aplicación y la instrucción centrada en problemas. Según la encuesta, los estudiantes valoraron como principios más útiles a la activación, seguido de la demostración y la integración. Los estudiantes calificaron como menos útiles la aplicación y la instrucción basada en problemas.

A nivel nacional:

Romero, J., Romero, R. y Barboza, L. (2021), en su artículo “Programa instruccional basado en la neurociencia para mejorar el aprendizaje en los estudiantes universitarios”, elaboraron un programa instruccional basado en la neurociencia, aplicando programación neurolingüística y gimnasia cerebral en las clases, para incrementar el aprendizaje en los estudiantes de la asignatura de Estadística Aplicada a la Psicología de una universidad de Lima. La muestra estuvo compuesta por 74 estudiantes pertenecientes a dos secciones del curso, una sección fue el grupo experimental y la otra fue el grupo de control. Cada sección estuvo compuesta por 37 estudiantes. Elaboraron un instrumento llamado El Aprendizaje conformado por 20 ítems que evaluaron el aprendizaje

asociativo, observacional, memorístico, por descubrimiento y significativo. Los resultados obtenidos fueron que se hallaron diferencias en los indicadores de aprendizaje entre el grupo de control y el experimental, con mayor diferencia en el aprendizaje significativo seguido del aprendizaje por descubrimiento. En el caso del aprendizaje memorístico, este fue mayor en el grupo de control que en el grupo experimental.

Aguilar (2020), en su artículo “La neuroeducación y el aprendizaje” analizó la influencia de la neurociencia en el aprendizaje de los individuos. Se trató de una investigación documental. Los resultados obtenidos son que la neuroeducación mejora los aprendizajes en los estudiantes ante un estímulo externo de alta calidad a consecuencia de la emoción originada en el cerebro del estudiante. Este investigador considera que el fomentar la curiosidad y la motivación permite formar un recuerdo emocional que luego puede ser evocado; es decir, promueve el aprendizaje significativo.

Tacca, D., Tacca, A. y Alva (2019), en su artículo “Estrategias neurodidácticas, satisfacción y rendimiento académico en estudiantes universitarios”, identificaron qué relación existe entre las variables indicadas en el título. La muestra estuvo compuesta por 311 estudiantes de los dos primeros años de formación universitaria de una universidad privada de Lima. Los instrumentos utilizados fueron: un instrumento construido para evaluar el empleo de las estrategias neurodidácticas divididas en estrategias operativas, socioemocionales y metodológicas; y un instrumento que mide la variable satisfacción académica, el cual es una traducción y adaptación de un instrumento elaborado por otros autores. Para el rendimiento académico utilizaron el promedio final de calificaciones obtenido por cada estudiante en el curso donde

se evaluaron las estrategias neurodidácticas del docente. Los resultados fueron que existe una correlación positiva entre las estrategias neurodidácticas y la satisfacción y el rendimiento académico, siendo mayor en el caso de la satisfacción; y, por otro lado, hallaron una correlación moderada entre la satisfacción y el rendimiento académico. Asimismo, encontraron que en la práctica docente predominan las estrategias neurodidácticas metodológicas; pero son las estrategias socioemocionales las que presentan mayor correlación con la satisfacción.

Villanueva (2018), en su trabajo de investigación “Propuesta de neurociencia para mejorar el aprendizaje en la Universidad Peruana de Las Américas”, llevó a cabo una investigación descriptiva exploratoria para elaborar una propuesta de neurociencia que mejore el aprendizaje en la Universidad Peruana de Las Américas. La muestra estuvo compuesta por 128 personas: 21 docentes y 107 estudiantes. Los instrumentos utilizados fueron el Cuestionario de Neurociencia y Aprendizaje aplicado a docentes y estudiantes, la entrevista, el cuestionario para la autoevaluación del experto y el cuestionario para la validación de la propuesta. El resultado fue que los docentes muestran un conocimiento regular sobre la neurociencia mientras que los estudiantes tienen un nivel de conocimiento bajo. Es por ello que se propone que la neurociencia se considere dentro del plan de estudios y se capacite a los docentes para mejorar la calidad del aprendizaje.

Valencia (2017), en su tesis “Funciones ejecutivas, procrastinación académica y rendimiento académico en estudiantes de secundaria”, examinó la relación entre las variables mencionadas. La muestra estuvo compuesta por 187 estudiantes de 4° y 5° grado de educación Secundaria de entre 14 y 17 años de

un colegio privado de Lima Metropolitana. Los instrumentos utilizados fueron el Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF 2) y la Escala de Procrastinación Académica (EPA). El resultado fue que la falta de regulación cognitiva (CRI) se relaciona positiva y significativamente con la procrastinación académica, y la falta de regulación cognitiva (CRI) se relaciona negativa y significativamente con el rendimiento académico en el área de comunicación.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Aprendizaje**

Se ha escrito mucho acerca del aprendizaje, de hecho, existen teorías y enfoques que han ido apareciendo y aplicándose con éxito en la educación en todos los niveles. En el caso de la presente investigación, nos interesa principalmente el aprendizaje en educación Superior y, por ello, se han seleccionado las siguientes definiciones de aprendizaje: «un cambio en la disposición o capacidad de las personas que puede retenerse y no es atribuible simplemente al proceso de crecimiento» (Gagné, 1965, citado por Carrasco y García, 2018, p. 49); “construir y modificar nuestro conocimiento, así como nuestras habilidades, estrategias, creencias, actitudes y conductas. Las personas aprenden habilidades cognoscitivas, lingüísticas, motoras y sociales” (Schunk, 2012, p. 2); y, complementando lo anterior, se indica que existen tres tipos de aprendizaje: cognoscitivo (conocimientos), procedimental (saber hacer) y actitudinal (saber convivir) (Villanueva, 2018).

Existen diversas teorías del aprendizaje, entre ellas las teorías conductuales y las teorías cognitivas, aunque en educación Superior la tendencia es hacia el constructivismo, el cual “es una perspectiva psicológica y filosófica que sostiene que las personas forman o construyen gran parte de lo

que aprenden y comprenden” (Schunk, 2012, p. 229). Esta concepción constructivista se ha desarrollado según las teorías del aprendizaje aún vigentes y que veremos en adelante.

### **2.2.1.1 Teorías cognitivas del aprendizaje**

Las teorías que veremos, dos de origen europeo y una estadounidense, pertenecen al grupo de las que se diferencian del aprendizaje por asociación, de auge americano y soviético durante la primera mitad del pasado siglo XX. Son teorías en las que el aprendizaje se produciría por reestructuración. Son constructivistas, holistas, y consideran que el sujeto es productivo y dinámico, en oposición a ser reproductivo y estático, como supone el asociacionismo. Son teorías aceptadas y utilizadas; sin embargo, también tienen detractores, como se verá más adelante (Pozo, 1994).

“La reestructuración sería el proceso por el que el sujeto, como consecuencia de sus interacciones con los objetos, halla nuevas formas de organizar o estructurar sus conocimientos más adaptados a la estructura del mundo externo” (Pozo, 1994, p. 222). La psicología cognitiva, que pasó a ser la postura elegida para estudiar la estructura de las funciones mentales asentadas en el cerebro (Subía y Gordón, 2014), sería considerada de reestructuración, mientras que el conductismo, que defendió la relación estímulo-respuesta, tiene una base asociacionista (Pozo, 2004). Se considera que el asociacionismo tiene su origen filosófico en Aristóteles, mientras que la psicología cognitiva se habría originado filosóficamente con Kant (Pozo, 1994; Subía y Gordón, 2014).

#### **a) Teoría de Jean Piaget**

Una de las teorías del aprendizaje más conocidas es la teoría de Jean Piaget (1896 – 1980).

Piaget postula un *equilibrio* entre las cualidades innatas y la experiencia con el medio: el sujeto tiene y elabora estructuras mentales mediante tal interrelación y las reestructura progresivamente (Parrat-Dayan, 2012). Para Piaget, el aprendizaje estaría asociado al desarrollo cognitivo y este tendría siempre lugar en la interacción entre el individuo y su medio, entre lo innato y lo adquirido. La lógica no es innata, resulta de una construcción progresiva del pensamiento, y ambiciona la formación de la inteligencia humana. La experiencia adquirida se transforma entonces en conocimiento (Dambrin y Löning, 2008).

Gracias a Piaget, como lo indica Medina (2000):

Podemos ver al ser humano no como un ente pasivo, siendo modelado a través de los sentidos por fuerzas provenientes del exterior o creyendo que sus estructuras están preformadas, dadas de una vez y para siempre con anterioridad a toda experiencia; sino como un sujeto activo física y mentalmente en interacción con el objeto de conocimiento (p. 12).

El *equilibrio* tiene dos procesos componentes: la *asimilación*, que “consiste en ajustar la realidad externa a la estructura cognoscitiva existente... [y la] *acomodación* [que] consiste en cambiar las estructuras internas para lograr que sean congruentes con la realidad externa” (Schunk, 2012, p. 236). Ambas, asimilación y acomodación, son complementarias.

Para Piaget, “el aprendizaje se produciría cuando tuviera lugar un desequilibrio o un conflicto cognitivo” (Pozo, 1994, p. 178). Esto sucede cuando el sujeto se ve ante un hecho que no calza con lo que sabe hasta el momento: crea un conflicto o desequilibrio. Asimila el hecho (la realidad) y acomoda su estructura mental para comprenderlo. Entonces aprende.

Algo importante de señalar en la teoría del aprendizaje de Piaget es que el sujeto podría aprender solo en interacción con el objeto, sin la necesaria

mediación de la instrucción, lo cual es una de las principales diferencias entre esta teoría y otras teorías de reestructuración (Pozo, 1994).

La crítica que surgió a la teoría de Piaget es que el aprendizaje también puede darse por el progreso general de las estructuras mentales, sin necesidad de la práctica. Los asociacionistas consideran que el aprendizaje se puede producir de igual forma mediante la exposición verbal de un concepto, el refuerzo y la exposición a modelos, sin necesidad de un equilibrio. Sin embargo, Piaget argumentó que en la asociación también pueden producirse procesos de equilibrio pues, por ejemplo, el estímulo es interpretado (asimilado) por el sujeto. De otro lado, para la teoría piagetiana, se ha adquirido un concepto cuando el sujeto lo comprende, mientras que para los asociacionistas, esto se produce cuando el sujeto logra la tarea (Pozo, 1994).

En realidad, el aprendizaje por reestructuración puede apoyarse en el aprendizaje por asociación. Se considera que el aprendizaje de conceptos requiere de la interacción de ambos tipos de aprendizaje pues si bien existen aprendizajes naturales o espontáneos (como el lenguaje), también son necesarios los aprendizajes artificiales (como el conocimiento científico), los cuales requieren de la instrucción según algunos autores (Pozo, 1994).

#### b) Teoría de Lev Vygotsky

La teoría de Lev Vygotsky (1896 – 1934) fue divulgada y continuada, aunque no terminada, después de su prematura muerte, en años en los que dominaban las ideologías soviéticas y el asociacionismo era aún vigente. Vygotsky explica la adquisición de conceptos espontáneos y científicos, y su teoría es bastante aceptada, aunque se le reconocen ciertas limitaciones. A



diferencia de Piaget, no niega la importancia del aprendizaje asociativo, solo que considera insuficiente tal posición (Pozo, 1994).

Vygotsky propone... una psicología basada en la *actividad*... considera que el hombre no se limita a responder a los estímulos sino que actúa sobre ellos, transformándolos. Ello es posible gracias a la *mediación* de instrumentos que se interponen entre el estímulo y la respuesta... [Distingue] dos tipos de mediadores: las *herramientas*, que actúan directamente sobre los estímulos, modificándolos, y los *signos*, que modifican al propio sujeto y a través de este a los estímulos (Pozo, 1994, p. 194).

Para Vygotsky, tales instrumentos de mediación son proporcionados por el medio social y la cultura, considerando como principal signo a la palabra: para Vygotsky el principal recurso de mediación es el lenguaje. Los significados se elaboran en interacción con el ambiente, el cual está compuesto no solo de objetos sino también de personas. La adquisición de conocimiento comienza con el intercambio social, sería interpersonal, para luego internalizarse; es decir, se haría intrapersonal. Es así que, en la teoría del aprendizaje de Vygotsky es importante la *instrucción* (Pozo, 1994; Vielma y Salas, 2000). O, dicho de otra manera: el docente es relevante, provoca en el aprendiz avances que no se darían solos en la estructuración cognitiva (Subía y Gordón, 2014).

Esta sería una diferencia importante respecto a la teoría de Piaget, así como el prestarle más importancia al medio social que a la genética. Como citan Vielma y Salas (2000): “los factores genéticos juegan un rol menor en la génesis del desarrollo, mientras que los factores sociales son absolutamente determinantes (Vygotsky, 1962)” (p. 32).

Entre los factores sociales se tendría los factores interpersonales y los histórico-culturales. Los aspectos histórico-culturales consideran la relación entre el aprendizaje y el desarrollo, y el contexto en el que ocurren (Schunk, 2012).

En la teoría de Vygotsky se presentó un tema importante: la zona de desarrollo próximo, la cual viene siendo utilizada hoy en día en todos los niveles, incluida la educación Superior. De lo que trata es de potenciar el desarrollo logrado por los estudiantes comparando lo que logra solo y lo que logra con la orientación de su profesor y de sus compañeros. La idea es que el profesor amplíe la zona de desarrollo próximo de sus estudiantes. "... cuando las personas construyen el conocimiento con otros, escuchándolos, haciendo autocorrecciones y reconociendo lo valioso de los puntos de vista ajenos, están creando una nueva realidad" (González, Rodríguez y Hernández, 2011). Se adicionaría que están ampliando sus conocimientos, su potencial. Destaca entonces el aprendizaje a través de los pares además de a través del profesor.

Es interesante lo que Vygotsky propuso acerca del aprendizaje de los conceptos científicos. Indicó que estos deben formar parte de un sistema y el sujeto tendría que tomar conciencia de su actividad mental: aprendizaje siempre consciente. Entonces internaliza la esencia del concepto. Esto implica que los conceptos deben estar interrelacionados, incluso jerarquizados. Así, la adquisición del significado requiere la reestructuración de tal sistema de conceptos. "En opinión de Vygotsky, los conceptos científicos, adquiridos en la instrucción, son la vía a través de la cual se introduce en la mente la conciencia reflexiva, que posteriormente se transfiere a los conceptos espontáneos" (Pozo, 1994, p. 204).

Pero, así como los conceptos científicos aportan a los conceptos espontáneos, también ocurre lo contrario: los conceptos científicos no serían posibles sin ciertos conceptos espontáneos. De modo que, aunque los

conceptos científicos solo pueden ser adquiridos por reestructuración, tal reestructuración necesita apoyarse en asociaciones previas (Pozo, 1994).

La crítica que se hace a la teoría del aprendizaje de Vygotsky es que la adquisición de conceptos científicos no muestra ser tan real en la práctica. Asimismo, la evaluación de estudiantes universitarios, expuestos a larga instrucción científica, muestra que estos no cambian sus conceptos espontáneos. De otro lado, la teoría de Vygotsky no especifica qué tipo de enseñanza favorece la adquisición de conceptos, es decir, le faltaría una especificación didáctica (Pozo, 1994).

c) Teoría de David Ausubel

La teoría de David Ausubel (1918-2008) es más conocida como teoría del *aprendizaje significativo*.

En esta teoría las experiencias nuevas se ligan a las estructuras mentales preexistentes (ya complejas) en una trama que depende del grado de significación de las experiencias nuevas. Las estructuras preexistentes se nutren de la nueva información y la nueva información se nutre de las experiencias pasadas (Subía y Gordón, 2014).

Para un aprendizaje significativo es necesaria la interacción positivamente motivada del aprendiz con un material, preparado por el docente, cuya estructura considere los conocimientos previos del aprendiz y su estructura cognitiva. El material debe tener una estructura interna coherente y entre sus elementos debe haber una secuencia lógica. La estructuración cognitiva del aprendiz es importante pues sobre esta base se sustentará el nuevo conocimiento. Además, el aprendiz debe estar positivamente dispuesto, de modo que se debe prestar atención a la motivación y a las emociones (Viera, 2003).

El conocimiento entonces estaría organizado en estructuras y se produciría una reestructuración al interactuar estas con la nueva información. Ausubel consideraba que “para que esa reestructuración se produzca se precisaba de una instrucción formalmente establecida, que presente de modo organizado y explícito la información que debe desequilibrar las estructuras existentes” (Pozo, 1994, p. 210).

En el plan de instrucción preparado para promover el aprendizaje, se va de la enseñanza puramente receptiva (el profesor expone explícitamente lo que el alumno debe aprender o el alumno lee un libro) a la enseñanza basada en el descubrimiento espontáneo por parte del alumno (sea en una investigación de laboratorio o resolviendo problemas) (Pozo, 1994).

En una situación de aprendizaje ausubeliana se tendría una organización lógica de la disciplina y un carácter psicológico del alumno en tal área, y se irían incorporando progresivamente diferenciaciones en las ideas del alumno, además de algunas comparaciones y generalizaciones ocasionales (Pozo, 1994).

La crítica que se hace a la teoría de Ausubel es que va de lo general a lo específico, prestando especial importancia a los procesos de diferenciación y no a la integración. Cabe mencionar que en la ciencia se suele aprender yendo de lo específico a lo general y sucede lo mismo en el paso de aprendiz a experto (Pozo, 1994).

En relación con la teoría de Jean Piaget, si bien no considera necesaria la instrucción, esto no es relevante en educación Superior puesto que es común encontrar estudiantes que aprenden solos y la mayoría, luego de su etapa universitaria, continúan aprendiendo sin necesidad de un instructor. Lo importante quizás de esta teoría es esa forma de aprender que se inculca desde

pequeños en la cual el objeto de enseñanza debe ser tal que aliente un desequilibrio para que el aprendiz vuelva al equilibrio aprendiendo: es un aprendizaje en el que la actividad, no solo física sino mental, impera. Esa forma de aprender se hace automática y continúa presente en su etapa universitaria y a lo largo de su vida. Ya que es importante seguir alentando ese tipo de aprendizaje después de la educación básica, en la presente investigación se tomará en cuenta al conflicto cognitivo, el cual es considerado como un buen recurso para el proceso de enseñanza-aprendizaje en educación Superior.

En cuanto a la teoría de Lev Vygotsky, para la educación Superior sería de utilidad el aprendizaje de conceptos espontáneos y científicos, donde sugiere que los últimos formen parte de un sistema en el cual no estén solo interrelacionados sino también jerarquizados. Aunque en educación Superior se tiene como principal objetivo la formación de conceptos científicos, la presente investigación no deja de lado el que los estudiantes continúen desarrollando conceptos espontáneos los cuales se enriquecerán con la adquisición de conceptos científicos. Por ejemplo, la mejora de las habilidades comunicativas está presente en el proceso de enseñanza-aprendizaje a nivel superior. Al igual que en la teoría de Jean Piaget, el aprendiz está activo, en este caso en interacción con estímulos, transformándolos y transformándose. La teoría de Vygotsky se diferencia de la de Piaget en que el aprendiz interactúa no solo con objetos sino con personas: la instrucción es importante y debe estimular la reflexión. En la teoría de Vygotsky el aprendizaje se produce en un medio social y cultural, y eso es exactamente lo que sucede en el entorno universitario donde los estudiantes no solo están expuestos al saber sino también a su formación como ciudadanos. En cuanto a la zona de desarrollo próximo, en esta

investigación se considera importante el aprendizaje de los estudiantes también entre pares, además del modelo o guía que el profesor representa en las clases.

El aprendizaje significativo de Ausubel, que fusiona el nuevo aprendizaje con los conocimientos previos, es de gran aceptación y difusión en educación Superior. Se da valor tanto al material de enseñanza como a la estructuración cognitiva de los estudiantes, prestando atención a la motivación y a sus emociones. En educación Superior se tiene estudiantes que poseen estructuras cognitivas similares puesto que han escogido la carrera en base a sus aptitudes personales, de modo que puede elaborarse un material en concordancia con tales aptitudes. De la motivación depende que los estudiantes universitarios se impliquen en su aprendizaje dedicándole más tiempo. Asimismo, la motivación fomenta que los estudiantes presten atención a lo que deben aprender. De otro lado, la consideración de las emociones es algo relativamente reciente en varios campos de estudio, incluida la Medicina, y estas han mostrado ser relevantes en las situaciones de aprendizaje. Por último, lo propuesto en esta teoría es la base de uno de los cinco principios de la instrucción de Merrill y considerado como una de las dimensiones para medir la calidad del aprendizaje en esta investigación, como veremos: conectar la pasada experiencia con lo que se aprende.

En esta investigación se ha prestado particular atención a la motivación, algo importante en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel; sin embargo, aunque importante, el abundante material a tratar en cada clase no permite una dedicación particular hacia las emociones.

### **2.2.1.2 Modalidades de aprendizaje que se vienen usando en educación Superior**

Kuh et al. (2007), según lo indican Frick et al. (2010), recomiendan que en las universidades se dirijan esfuerzos hacia el mayor logro del estudiante. Es por ello que, en educación Superior, se viene promocionando los beneficios de una instrucción centrada en el aprendiz, el aprendizaje basado en problemas y un enfoque en el aprendizaje complejo.

#### a) Aprendizaje centrado en el estudiante

En el aprendizaje centrado en el estudiante, este puede darse como aprendizaje basado en el enfoque por competencias, desarrollo del pensamiento crítico, fomento del aprendizaje grupal colaborativo, y el aprendizaje situado, es decir, construir conocimientos ulteriores a situaciones relacionadas con la vida diaria de los estudiantes. Los estudiantes son protagonistas en los proyectos de investigación, en el trabajo colaborativo, en la participación activa en clases, en conocimientos procedimentales (Henríquez y Álvarez, 2018).

Se observa entonces que existe un interés en que el estudiante sea protagonista en el proceso educativo, que se apropie de su aprendizaje y que sepa acceder al conocimiento, organizándolo y procesándolo (Moreno, 2008).

Al atribuirle un papel protagónico al estudiante, se le demanda un proceso personal y autónomo. Debe conocerse a sí mismo, conocer su estilo y ritmo de aprendizaje, programar su estudio con su vida cotidiana. El estudiante es responsable y gestor de su aprendizaje. El profesor pasa a ser un guía y orientador. Al estudiante responsabilizarse por su aprendizaje, diagnostica sus necesidades educativas, elige y pone en práctica estrategias de aprendizaje idóneas para lograr sus metas y autorregula su aprendizaje. En la universidad, el conocimiento no es meramente transmisible ni el aprendizaje es pasivo. Se

espera que el estudiante universitario sea reflexivo, creativo y con capacidad de análisis (Calvo y Méndez-Estrada, 2011).

Aunque los estudiantes universitarios se parecen en cuanto a sus capacidades, son distintos, de modo que la institución educativa, al ser su objetivo ayudar a aprender, debe transformarse, adaptarse a las distintas formas de aprendizaje de sus estudiantes. Es así que el profesor, como agente de enseñanza, debe planificarla estratégicamente para cumplir ese propósito (Moreno, 2008; Henríquez y Álvarez, 2018).

b) Aprendizaje basado en problemas

Al igual que en el caso del aprendizaje centrado en el estudiante, el profesor ya no es el responsable de transmitir información y los alumnos ya no son receptores pasivos de conocimientos.

El aprendizaje basado en problemas corresponde a una educación basada en la experiencia. Al resolver problemas, los estudiantes pueden aprender tanto contenido como estrategias de pensamiento. Cada problema debe ser complejo, de preferencia de la vida real, y no tiene una única respuesta correcta. En parte, este tipo de aprendizaje recurre al trabajo colaborativo en grupos en los que los estudiantes determinan qué es necesario aprender para poder resolver el problema. Recurren al autoaprendizaje, aplican lo que aprendieron para resolver el problema y reflexionan acerca de lo aprendido y la efectividad de la solución aplicada. El profesor es un guía que coopera con su aprendizaje (Hmelo-Silver, 2004, Duch, Groh y Allen, 2006).

Según Hmelo-Silver (2004) entre los objetivos del aprendizaje basado en problemas se tiene el asistir a los estudiantes para que desarrollen un conocimiento flexible, habilidades efectivas de solución de problemas,



habilidades de autoaprendizaje, habilidades de colaboración efectiva y una motivación intrínseca. Es así que el aprendizaje basado en problemas muestra ser de ayuda para que los estudiantes construyan habilidades de aprendizaje para toda la vida.

Para Duch et al. (2006) el aprendizaje basado en problemas incentiva en los estudiantes el pensamiento crítico, la búsqueda, evaluación y uso de información adecuada, el trabajo cooperativo en equipos o grupos, el uso de habilidades comunicativas en forma verbal y escrita, y el convertirse en permanentes alumnos.

El aprendizaje basado en problemas viene siendo utilizado cada vez más a nivel universitario, especialmente en el área de ciencias. Una de sus principales cualidades es promover el aprendizaje colaborativo: trabajo en equipo. Sin embargo, como lo mencionan las fuentes consultadas, también es importante la selección y aprendizaje de la información necesaria para resolver el problema; es decir, se recurre a la investigación, siendo por otro lado importante la adquisición de habilidades de solución de problemas, las cuales solo serán descubiertas poniendo a prueba las diferentes soluciones que se formulen.

c) **Aprendizaje complejo**

El aprendizaje complejo involucra «la integración de conocimientos, habilidades y actitudes, la coordinación de habilidades constituyentes cualitativamente distintas y la transferencia de lo que se aprende en la escuela o entrenamiento a entornos de vida y trabajo cotidianos» (Van Merriënboer y Kirschner, 2007, p.4, citado por Frick et al., 2010, p. 115).

“El aprendizaje complejo... está involucrado con lograr conjuntos integrados de metas de aprendizaje —objetivos de desempeño múltiples. Tiene

poco que ver con aprender habilidades separadas aisladas, más bien trata con aprender a coordinar e integrar habilidades separadas que constituyen el desempeño en una tarea de la vida real” (Van Merriënboer, Clark y de Croock, 2002, p. 40).

El aprendizaje complejo busca que el aprendiz obtenga una serie de habilidades, las cuales pueden ser no recurrentes o recurrentes. Las habilidades no recurrentes son nuevas, de mucho esfuerzo, y requieren de esquemas cognitivos y razonamiento, mientras que las habilidades recurrentes son de rutina y se basan en reglas automatizadas que asocian acciones particulares a un problema particular (Van Merriënboer et al., 2002).

Entonces, el aprendizaje complejo está compuesto por una serie de tareas. Las tareas serían experiencias concretas, auténticas, completas, en las cuales el aprendiz construye un esquema para los aspectos no recurrentes o automatiza reglas para los aspectos recurrentes. Para ello utilizará información proporcionada por el instructor, lo que le permita relacionar sus conocimientos previos con lo nuevo, permitiendo esto una comprensión más profunda (sucede con las habilidades no recurrentes), o que le brinde procedimientos, que con la práctica se vuelven automáticos (sucede con las habilidades recurrentes) (Van Merriënboer et al., 2002).

El aprendizaje complejo es entonces requerido dada la variabilidad de los problemas que un aprendiz encontrará en el mundo laboral. El ser eficaz con las tareas de rutina le permite concentrarse en las tareas que requieren más elaboración, y esta elaboración le permite adaptarse a situaciones distintas que puede encontrar en el futuro.

El aprendizaje centrado en el estudiante es relevante para esta investigación pues se busca el compromiso del estudiante con su curso, motivarlo para que invierta más horas en su estudio y aprenda más. El estudiante es el protagonista que organiza su aprendizaje con su vida cotidiana y el profesor es un guía que le orienta acerca de los temas que debe aprender. En educación Superior este tipo de aprendizaje es común y deseable puesto que el responsable de su aprendizaje es el propio estudiante.

El aprendizaje basado en problemas viene siendo aplicado en los cursos del nivel superior en ciencias aun si algunos cursos son básicos y no se prestan fácilmente para el desarrollo de un problema real que unifique todos los conceptos que se aprenden. La solución de problemas sí es frecuente en los cursos de nivel superior en ciencias, pero no necesariamente a la manera del aprendizaje basado en problemas. Sin embargo, el trabajo en equipo, que es uno de los objetivos del aprendizaje basado en problemas, sí es alentado a nivel superior y a lo que quizás debiera prestarse más atención, en el caso de ciencias, es a que el estudiante demuestre y practique sus habilidades comunicativas tanto verbales como escritas.

En cuanto al aprendizaje complejo, sí se busca en el nivel superior la coordinación e integración de habilidades para profundizar en el análisis al resolver problemas y no solo el aprendizaje de habilidades aisladas. En las universidades se da una formación básica que permite al estudiante tener disponibles procedimientos automáticos para la práctica de sus habilidades recurrentes (de rutina) y luego una formación de especialidad en la que resuelven problemas complejos de la vida real haciendo uso de tales procedimientos, así

como de habilidades no recurrentes que requieren un mayor análisis y elaboración.

### **2.2.1.3 Calidad del aprendizaje**

El aprendizaje es un tema que ha sido abordado por muchos autores; sin embargo, las instituciones educativas se centran más en lo que se enseña que en cómo enseñar para lograr un aprendizaje de calidad. Merrill obtuvo en 2002 un grupo de primeros principios para el diseño instruccional derivados del estudio de distintas teorías y modelos, puesto que se observó que estas teorías y modelos compartían principios comunes. Identificó un ciclo de cuatro fases que consiste en: activación, demostración, aplicación e integración. La instrucción efectiva, de calidad, involucra la repetición de los cuatro principios para distintos problemas o tareas (Merrill, 2007).

Merrill considera que la instrucción efectiva debe centrarse en un problema:

los componentes instruccionales individuales son más efectivamente enseñados en el contexto de una progresión de problemas del mundo real donde al estudiante se le muestra un problema, se le enseñan los componentes y luego se le enseña cómo los componentes son usados para resolver el problema o hacer toda la tarea (Merrill, 2007, p. 4).

Como lo indica Felipa-Andrade (2020), lo propuesto por Merrill es uno de los aportes más relevantes en cuanto a aprendizaje: el proponer tareas reguladas por los principios mencionados, los cuales, según esta autora, son altamente eficaces. Asimismo, esta autora muestra los principios de manera escalonada, colocando a la tarea como centro, observándose la lógica secuencia entre ellos.

Se desprenden así cinco principios para que una instrucción lleve a cabo un aprendizaje de calidad (Merrill, 2007):

1. Centrado en problemas: que la instrucción involucre problemas o tareas auténticas del mundo real, muestre la tarea completa que ellos podrán hacer o el problema completo que podrán resolver como resultado de completar la instrucción, que enseñe los componentes del problema o tarea y ayuden al aprendiz a usar tales componentes al resolver el problema completo o hacer la tarea completa, que involucre una progresión de problemas, no solo una única aplicación.
2. Activación: que la instrucción dirija a los aprendices a recordar, relacionar, describir o aplicar conocimientos previos de experiencias pasadas relevantes que pueden ser usados como base para el conocimiento nuevo, que ayude a los aprendices a ver su relevancia y tener confianza en su habilidad para adquirir los conocimientos y habilidades a ser enseñados, que proporcione o aliente a recordar una estructura que puede ser usada para organizar su nuevo conocimiento.
3. Demostración: que la instrucción demuestre (muestre ejemplos de) lo que debe ser aprendido, en lugar de simplemente brindar información acerca de lo que se debe aprender, que las demostraciones (ejemplos) sean consistentes con el contenido que se enseña (tipos de conceptos, procedimientos, procesos), que se use las siguientes técnicas guía: dirigir la atención del aprendiz a la información relevante, representaciones múltiples y comparadas explícitamente, asistir a los aprendices para relacionar la nueva información con la estructura que fue recordada o proporcionada.
4. Aplicación: que los aprendices tengan una oportunidad de practicar y aplicar su conocimiento o habilidad recientemente adquirido, que la

aplicación y la asesoría sean consistentes con los objetivos enunciados o implícitos, que la práctica sea seguida de retroalimentación correctiva y una indicación del progreso, no solo retroalimentación de bien o mal, que la aplicación o práctica permita a los aprendices tener acceso a ayuda sensible al contexto o proporcionar asesoría cuando tienen dificultad al resolver un problema o hacer la tarea, que la asesoría gradualmente disminuya con cada tarea siguiente hasta que los aprendices lo hagan por sí mismos, que la instrucción requiera que los aprendices usen su nuevo conocimiento o habilidad para resolver una variada secuencia de problemas o completar una variada secuencia de tareas.

5. Integración: que la instrucción proporcione técnicas que alienten a los aprendices a integrar (transferir) el conocimiento o habilidad nuevos en su vida diaria, que proporcione una oportunidad para que el aprendiz demuestre públicamente su nuevo conocimiento o habilidad, que proporcione una oportunidad a los aprendices para reflexionar, discutir y defender su nuevo conocimiento o habilidad, que proporcione una oportunidad para que los aprendices creen, inventen o exploren nuevas y personales maneras de usar su nuevo conocimiento o habilidad.

Para medir la efectividad de la aplicación de estos principios, Frick et al. (2010) elaboraron un instrumento denominado *Teaching and Learning Quality* (TALQ), que en castellano se traduciría como Calidad de la Enseñanza y el Aprendizaje, el cual mide la efectividad de los cinco principios sugeridos por Merrill y otras escalas, como calidad global y grado de satisfacción del estudiante. El instrumento elaborado por Frick et al., luego de ser aplicado a 464 estudiantes en 12 cursos, llegó a la siguiente conclusión: si los estudiantes

estaban de acuerdo con que sus instructores usaron los cinco principios de la instrucción y también que experimentaron un mayor tiempo de aprendizaje académico, entonces era más probable que logren altos niveles de dominio de los objetivos del curso. Lo que buscaba este instrumento era una retroalimentación para los profesores a fin de que las universidades enfoquen sus esfuerzos educativos en aspectos que incidan en el éxito de los estudiantes (Frick et al., 2010).

Kim et al. (2016) usaron los cinco principios instruccionales de Merrill en la investigación de pedagogías efectivas en aulas invertidas, pues consideraron que proporcionaban un sistema para evaluar un esquema pedagógico que incorporaba una serie de aspectos importantes para los mencionados autores: como que la instrucción se centre en una tarea auténtica, que el estudiante se apropie de su aprendizaje y que el profesor desafíe y favorezca el recurso del pensamiento del estudiante. Los cinco principios propuestos por Merrill son, como se ha indicado antes: 1) actividades centradas en un problema auténtico, 2) activación de la experiencia previa, 3) demostración de habilidades, 4) aplicación de las habilidades y 5) integración de tales habilidades en actividades de la vida real.

De estos cinco principios, en esta tesis se ha elegido evaluar los siguientes tres principios: Problemas auténticos (entendidos como “actividades de aprendizaje significativas que son claramente relevantes para [el estudiante] ..., y que pueden ser útiles [para él] en el futuro” (Frick et al., 2010, p. 118)), Activación (enlazar la pasada experiencia con lo que se aprende) e Integración (usar lo que aprendió en la vida real). La selección de estos tres principios fue expuesta en el Capítulo 1: Planteamiento del problema.

Para esta investigación se ha considerado pertinente lo propuesto por Merrill en cuanto a sus primeros principios de la instrucción, puesto que tales principios han sido utilizados por otros investigadores y muestran tener aceptación. Como se ha indicado, de los cinco principios se ha evaluado solo tres: 1) solución de problemas auténticos, 2) activación y 3) integración. La selección de estos tres principios como dimensiones de la calidad del aprendizaje obedece a que los otros principios, como la demostración y la aplicación, recurren más a la participación del profesor, y lo que se desea es evaluar la participación del estudiante, cómo siente él que se ha incentivado el uso de los principios seleccionados. El instrumento utilizado, que es una traducción y adaptación del instrumento TALQ, mide los cinco principios, pero para fines de la presente tesis se observará principalmente la calidad de los principios seleccionados ante la aplicación de un programa de enseñanza.

### **2.2.2 Neurociencia**

Como lo indica el National Research Council (2009) de los Estados Unidos, el término “neurociencia” se estableció a mediados de la década de 1960 para que distintas disciplinas como la neuroanatomía, la neuroquímica, la neurofisiología, la psicología y la neuropsicología, trabajen en conjunto con el objetivo común de conocer la estructura y funcionamiento tanto del cerebro normal como del anormal. Esta institución indica que al hablar de neurociencia nos estamos refiriendo a las diversas disciplinas que investigan científicamente el sistema nervioso para conocer el cimiento biológico del comportamiento. Adicionalmente, como lo afirma Escera en Redolar (2014), al ocuparse la neurociencia del estudio del sistema nervioso, este ha logrado mayor avance gracias a las técnicas de neuroimagen, electroencefalogramas y



magnetoencefalogramas, los cuales están permitiendo conocer “cuáles son los mecanismos funcionales implicados en las funciones cognitivas” (p. IX).

El sistema nervioso “convierte a los seres humanos en lo que son, subyace a sus emociones, a la resolución de problemas, a la inteligencia, al pensamiento, y a capacidades tan humanas como el lenguaje, la atención, o los mecanismos de aprendizaje y memoria” (Redolar, 2014, p. XI).

Según Salas (2003) la neurociencia y sus hallazgos respecto al sistema nervioso, al permitir conocer cómo “la actividad del cerebro se relaciona con la conducta y el aprendizaje”, posibilita a los profesores desarrollar “una enseñanza, un ambiente, un currículo, una evaluación, más acordes con las características intrínsecas e innatas de nuestros cerebros para aprender...” (pp. 155-171). De otro lado, Zull (2002) indica lo siguiente: “... no hay razón para abandonar las buenas prácticas que la ciencia cognitiva y la investigación en educación nos han dado... La biología puede enriquecer lo que ya hacemos” (p. xiii).

### **2.2.2.1 Desarrollo del cerebro**

Las instrucciones para ciertos funcionamientos del cuerpo, como la digestión de los alimentos, están escritas en el ADN; sin embargo, para funciones más complejas fue necesario el desarrollo del cerebro, a distintos niveles según la especie, siendo el cerebro humano el más evolucionado (Andorfer, McCain y Malone, 1980; Redolar, 2014).

Según indica Zull (2002): “... el cerebro está conformado por células complejas conectadas unas a otras en una red inmensa de fibras y ramas. Estas células se llaman neuronas y las conexiones crean redes neuronales” (p. 92). Se considera que estas redes neuronales son conocimiento, es decir, el

conocimiento es físico. Por otro lado, Miranda, Santín, Redolar y Valero en Redolar (2014) indican que "... los elementos celulares dentro de cada porción del sistema nervioso se organizan en redes o circuitos. Son estas redes las que configuran las estructuras anatómicas que permiten el procesamiento de la información del mundo en el cual el ser humano está inmerso" (p. 37).

"Se calcula que existen alrededor de 100 mil millones de neuronas en el sistema nervioso humano. Hay neuronas de diferentes formas y tamaños; no obstante, todas comparten características estructurales comunes. En la mayoría de las neuronas pueden distinguirse tres partes: el soma [o cuerpo], el axón y las dendritas" (Miranda et al. en Redolar, 2014, p. 28).

En la Figura 1 se muestra tres tipos de neurona. Las neuronas recogen las señales que provienen del mundo de afuera o de otras neuronas y las envían a otras neuronas. "Las dendritas recogen las señales y las envían al cuerpo de la célula... Los axones... recolectan las señales que vienen de las dendritas y las envían fuera del cuerpo de la célula" (Zull, 2002, p. 96).

"Los axones... se encuentran con las dendritas o el cuerpo de la célula de otras neuronas. Este lugar donde las señales pasan de una neurona a otra se conoce como sinapsis". El recubrimiento del axón se llama mielina y permite el paso más rápido de las señales a lo largo de los axones (Zull, 2002, p. 96).

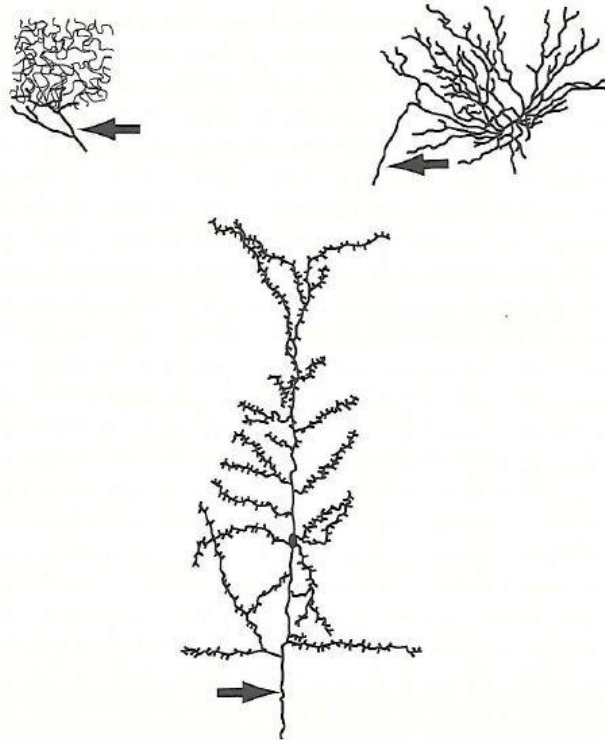


Figura 1. Tres tipos de neurona. Las flechas señalan el axón de cada una. *Nota:* Tomado de *The art of changing the brain. Enriching the practice of teaching by exploring the biology of learning* de Zull, 2002, Estados Unidos: Stylus Publishing, LLC, p. 95.

En la Figura 2 se muestra el esquema de una neurona y sus partes.

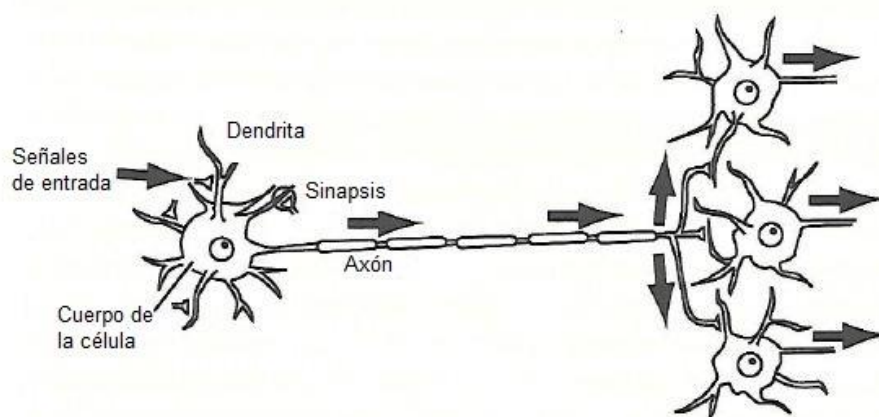


Figura 2. Esquema de una neurona y sus partes. *Nota:* Adaptado de *The art of changing the brain. Enriching the practice of teaching by exploring the biology of learning* de Zull, 2002, Estados Unidos: Stylus Publishing, LLC, p. 97.

Además de las neuronas, en el sistema nervioso humano encontramos a las células gliales, las que son

... células que constituyen el principal soporte estructural de las neuronas, participan activamente durante los procesos de desarrollo y formación del cerebro, parecen desempeñar un papel importante en el aporte nutricional de las neuronas a través de la circulación sanguínea, participan en los mecanismos de defensa inmunológica y en los procesos de reparación y regeneración nerviosa después de una lesión, participan en el mantenimiento del equilibrio químico en el interior del cerebro, separan y aíslan las células nerviosas, recubren partes de estas para acelerar los procesos de comunicación neuronal, etcétera” (Miranda et al. en Redolar, 2014, p. 35).

En el sistema nervioso habrían alrededor de 1 billón de células gliales (Miranda et al. en Redolar, 2014).

“Las redes neurales [o neuronales] constituyen uno de los pilares de la organización del sistema nervioso y fundamentan y condicionan los patrones de comportamiento que emergen de sus estructuras” (Miranda et al. en Redolar, 2014, p. 39).

Pero el cerebro no es solo una red de neuronas, sino un conjunto de redes que interactúan para resolver problemas particulares. Como se ha indicado, en las redes neurales las neuronas están comunicadas por sinapsis. En las sinapsis la comunicación es electroquímica. Es importante indicar que las neuronas están distribuidas en las distintas partes del cerebro interviniendo de diferentes maneras en todas nuestras conductas (Miranda et al. en Redolar, 2014).

El sistema nervioso está compuesto por el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico. En esta tesis nos centraremos en el sistema nervioso central aun si el sistema nervioso autónomo (que forma parte del sistema nervioso periférico) está muy relacionado con las emociones (Alonso, 2017). El sistema nervioso central está compuesto por el encéfalo y la médula espinal. El

encéfalo tiene múltiples divisiones, desde los hemisferios cerebrales y el diencefalo, hasta el tronco del encéfalo y el cerebelo (Redolar, 2014).

Dentro de las divisiones mayores de cada una de las partes del encéfalo se encuentran: la corteza cerebral, dividida en los lóbulos frontal, parietal, occipital, temporal y límbico; los ganglios basales, compuestos principalmente por los núcleos caudado, putamen y globo pálido; estructuras del sistema límbico, como el hipocampo y la amígdala; el diencefalo, compuesto por tálamo e hipotálamo...; el tronco del encéfalo, compuesto por el mesencefalo, la protuberancia (o puente) y el bulbo raquídeo, y, por último, el cerebelo (Redolar, 2014, p. 68).

a) Tronco del encéfalo

Está compuesto por el bulbo raquídeo, la protuberancia y el mesencefalo. Se extiende desde el diencefalo hasta la médula espinal. Gran parte de la información sensorial y motora que se efectúa entre la periferia y los hemisferios cerebrales pasa por el tronco del encéfalo, de modo que este resulta importante en la integración de las informaciones sensorial y motora. Asimismo, es mediante el tronco del encéfalo que los hemisferios cerebrales se comunican con el cerebelo (Redolar, 2014).

De otro lado, el tronco del encéfalo “participa en el control de los estados de alerta y atención... [y] realiza funciones autónomas y reflejas, algunas de ellas básicas para la supervivencia” (Portellano, 2011, p. 78).

b) Diencefalo

Entre las partes que lo componen son importantes el tálamo y el hipotálamo. El tálamo procesa la información sensorial que llega a la corteza cerebral desde la médula espinal, el tronco del encéfalo y el propio diencefalo, como la que sale desde la corteza hacia el exterior del sistema nervioso. También participa en el envío de información desde el hipotálamo, el cerebelo y diversas estructuras subcorticales a la corteza cerebral; y regula el nivel de alerta. Por otro lado, el hipotálamo es considerado el centro del sistema nervioso

autónomo, regulando distintos procesos fisiológicos del organismo y el inicio de ciertos actos, sobre todo los que permiten la supervivencia del individuo o que favorecen la perpetuación de la especie (Redolar, 2014, Portellano, 2011).

c) Estructuras subcorticales

En la superficie externa de los hemisferios cerebrales se ubican los cuerpos de las neuronas (sustancia gris) que constituyen la corteza cerebral. Al interior se hallan los axones cubiertos de mielina (mayormente sustancia blanca) y envueltas en esta sustancia blanca se hallan distintas estructuras subcorticales (Redolar, 2014, Portellano, 2011).

Entre las estructuras subcorticales destaca la amígdala, la cual guarda relación con varias funciones cognitivas como “la emoción, los procesos de aprendizaje y memoria, la atención y los mecanismos perceptivos” (Redolar, 2014, p. 81).

La respuesta emocional depende de la amígdala y esta respuesta afecta el aprendizaje, la atención, la memoria, tanto desde el punto de vista positivo: la motivación, como también desde el punto de vista negativo: el estrés (Redolar, 2014).

d) Cerebelo

El cerebelo es “la mayor estructura anatómica del sistema nervioso tras el cerebro... está situado en la parte posterior del encéfalo por encima del tronco cerebral y por debajo de los lóbulos occipitales” (Portellano, 2011, p. 79). Está relacionado con la coordinación, adecuación y fluidez de los movimientos, además del mantenimiento del equilibrio. Es importante entonces para las funciones motoras (Redolar, 2014, Portellano, 2011).

e) Corteza cerebral

La corteza cerebral está compuesta por cuatro lóbulos cerebrales: el lóbulo frontal, el lóbulo parietal, el lóbulo occipital y el lóbulo temporal (Redolar, 2014). Los lóbulos trabajan en conjunto. "... los procesos cognitivos más complejos se asientan sobre redes neuronales en las que participa de modo fundamental la corteza o córtex cerebral" (González en Redolar, 2014, p. 12).

El lóbulo frontal se ubica en la parte anterior del encéfalo y está relacionado con la organización de la secuencia de conductas o actividades mentales. Es importante para la generación del lenguaje: el área de Broca en el lóbulo frontal del hemisferio izquierdo es fundamental para programar los sonidos del habla. Otras áreas de los lóbulos frontales están implicadas en el control de los movimientos. Aquí se encuentra la corteza motora primaria, la cual se ocupa de los movimientos motores finos. También participa en la búsqueda de información puntual almacenada en la memoria, en la planificación y el razonamiento, así como en la memoria de trabajo (Smith y Kosslyn, 2008). El lóbulo frontal está implicado en las funciones ejecutivas, el refuerzo, el procesamiento emocional, la cognición social, la función motora, la función lingüística, entre otros. Permite formar objetivos y metas y planificar su consecución (Carmona y Moreno en Redolar, 2014).

El lóbulo parietal se ubica en la parte superior y posterior del cerebro y participa de manera importante en la representación del espacio y en la relación con él. Contiene a la corteza somatosensorial, donde se representan sensaciones que se originan en distintas partes del cuerpo. También es importante para la conciencia y la atención, y participa en el razonamiento matemático (Smith y Kosslyn, 2008).

El lóbulo occipital se ubica en la parte posterior del cerebro y procesa exclusivamente input (entrada) visual, que procede tanto de los ojos como de la memoria. Contiene regiones específicas para procesar características visuales como el color, la forma, etc. (Smith y Kosslyn, 2008).

El lóbulo temporal se ubica justo debajo de las sienes y está involucrado en distintas funciones como retener los recuerdos visuales; recibe input (entrada) de los lóbulos occipitales y ajusta el input (entrada) visual con los recuerdos visuales; procesa información procedente de los oídos, y es en la parte posterior del lóbulo temporal izquierdo donde se halla el área de Wernicke, esencial para la comprensión del lenguaje. En la parte anterior de los lóbulos temporales se tiene una serie de zonas que son esenciales para almacenar nueva información en la memoria, y áreas implicadas en conceder sentido a la emoción (Smith y Kosslyn, 2008).

### **2.2.2.2 *Relación con procesos importantes para el aprendizaje***

#### **a) Funciones ejecutivas**

Las funciones ejecutivas permiten a la persona planificar, coordinar y supervisar con flexibilidad su conducta para lograr sus objetivos. Esto lo hacen modulando la actividad de otros procesos cognitivos, principal pero no exclusivamente, desde el lóbulo frontal. Las funciones ejecutivas incluyen una serie de procesos cognitivos que posibilitan el control y regulación de otras habilidades y conductas a nivel principalmente inconsciente. Tales procesos se sustentan principalmente en la corteza prefrontal y sus conexiones con otras áreas corticales y subcorticales (Carmona y Moreno en Redolar, 2014).

Las funciones ejecutivas ayudan a simular las consecuencias de diferentes actos, inhibir información irrelevante a fin de concentrarse en cosas importantes, decidir entre diferentes maniobras —sopesando las ventajas y los inconvenientes de cada una de ellas—, así como diseñar



planes de acción, asegurar que se lleven a cabo, supervisarlos y, en caso necesario, modificarlos (Carmona y Moreno en Redolar, 2014, p. 720).

Las funciones ejecutivas permiten a la persona hacer una simulación mental determinando si una acción sería inefectiva, para entonces evitarla o escoger el camino de acción más adecuado (Carmona y Moreno en Redolar, 2014).

“... entre las funciones ejecutivas más importantes se encuentran el autocontrol, la memoria de trabajo, la organización, la planeación, la solución de problemas y la flexibilidad de pensamiento” (Flores, Castillo y Jiménez, 2014, p. 463). Según algunos investigadores, las funciones ejecutivas se van estructurando en el individuo de manera piramidal: en etapas tempranas del desarrollo se forman ciertas funciones ejecutivas, y en las siguientes etapas se forman otras funciones ejecutivas asentándose sobre las ya formadas (Flores et al., 2014).

Los procesos cognitivos que se valen de un buen control ejecutivo y que serán tratados en la presente tesis son: la toma de decisiones, el razonamiento y la resolución de problemas.

En la toma de decisiones participan factores cognitivos y factores emocionales. Entre los factores cognitivos se tiene el procesamiento de los estímulos que intervienen en la tarea a ejecutar, el recordar experiencias pasadas y el evaluar las posibles repercusiones de tomar una u otra decisión. Los factores emocionales complementan a los factores cognitivos, guiando la toma de la decisión y evitando conflictos entre opciones parecidas (Carmona y Moreno en Redolar, 2014).

Respecto al razonamiento: “... es una habilidad fundamental del pensamiento, en tanto que está presente en toda actividad intelectual que se

lleva a cabo. De hecho, la capacidad de razonar ha sido considerada, desde un punto de vista filosófico, la esencia del ser humano...” (Carmona y Moreno en Redolar, 2014, p. 741).

El razonamiento requiere de la capacidad de planificar y secuenciar acciones, necesita la previsión y la lógica, y está orientado hacia un objetivo. El razonamiento puede ser deductivo o inductivo, en ambos casos se llega a una conclusión a partir de una serie de premisas; pero en el caso del razonamiento inductivo las premisas pueden ser limitadas y, por consiguiente, la conclusión es provisional (Carmona y Moreno en Redolar, 2014).

La resolución de problemas también requiere de la capacidad de planificar y secuenciar acciones, necesita la previsión y la lógica y está orientado hacia un objetivo. Para solucionar problemas se tienen los algoritmos, el método heurístico, el insight y la creatividad (Carmona y Moreno en Redolar, 2014).

b) Atención

“La atención es el mecanismo de acceso para llevar a cabo cualquier actividad mental, la antesala de la cognición, y funciona como un sistema de filtro capaz de seleccionar, priorizar, procesar y supervisar informaciones” (Portellano y García, 2014, p. 73).

Ante la cantidad de estímulos que el sistema nervioso recibe, este prioriza, selecciona los estímulos, tomando los que son necesarios y descartando los que no son relevantes. La atención depende del tronco cerebral, del tálamo, de la amígdala, y, definitivamente, de la corteza cerebral (Portellano y García, 2014, Chica y Checa en Redolar, 2014).

Al observar un estímulo, sus características como forma o color son recibidas por la corteza occipito-temporal, pero la regulación de los procesos de

atención pasiva y el control de la atención voluntaria dependen de los lóbulos parietales y frontales (Portellano y García, 2014).

La atención debe ser consciente. Es común que no la utilicemos de manera consciente y nos dejemos llevar por los estímulos. Pero como seres pensantes, podemos decidir a qué prestarle nuestra atención y qué desestimar. De este modo, podemos mejorar nuestro rendimiento al desarrollar múltiples tareas, reduciendo las distracciones, incrementando el nivel de procesamiento en aquello a lo que estamos atendiendo, seleccionando los estímulos y tomando conciencia de ellos (Echavarría, 2013).

El miedo y el placer distraen, no nos permiten prestar atención. De otro lado, le prestamos mayor atención a aquellas cosas que más nos importan (Zull, 2002).

Aunque principalmente la atención se relaciona con la selección de estímulos, también está relacionada con nuestras respuestas: permite secuenciarlas según la ocasión (Echavarría, 2013).

### c) Memoria

La memoria puede ser definida como la habilidad para almacenar información y para que esta pueda ser recuperada posteriormente; sin embargo, existen distintos tipos de memoria, con funciones distintas, como la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo, o la memoria semántica y la memoria episódica, de modo que su definición sería algo más compleja (Portellano y García, 2014, Redolar, 2014).

Squire y Bayley proponen la siguiente clasificación:

memoria declarativa (episódica y semántica) y no declarativa (operativa, procedimental, *priming*, condicionamiento instrumental, condicionamiento clásico) ... La memoria declarativa depende del hipocampo, la memoria operativa del córtex prefrontal y parietal, la memoria procedimental de los

ganglios basales, y el condicionamiento instrumental de los ganglios basales y cerebelo (Portellano y García, 2014, p. 233).

La memoria operativa incluye a la memoria a corto plazo y es también llamada memoria de trabajo, la cual implica una recepción y selección de la información recibida, y su codificación y almacenamiento, así como la capacidad de acceder a tal información (Portellano y García, 2014).

La memoria a corto plazo sería el almacenamiento de una cantidad limitada de información, conservándola por un periodo de tiempo corto, previo análisis sensorial y cerebral, para luego reproducirla inmediatamente en un lapso de uno a dos minutos. La memoria a corto plazo alude al almacén temporal de información desde distintas opciones sensoriales, mientras que la memoria de trabajo contiene este almacén temporal, pero a su vez lo controla, manipula y gestiona (Portellano y García, 2014).

Tenemos entonces una memoria sensorial que dura unos pocos segundos, una memoria a corto plazo que enlaza la memoria sensorial con la memoria a largo plazo, una memoria operativa o de trabajo, y una memoria a largo plazo de capacidad ilimitada, aunque susceptible al olvido (Portellano y García, 2014).

El establecimiento de la memoria a largo plazo sería progresivo y va estableciéndose con el tiempo y con el recuerdo reiterado de la información almacenada. Lo que uno almacena en la memoria a largo plazo cambia con el tiempo, no es estático. También puede reorganizarse según las vivencias, estabilizándose (Redolar, 2014).

Para que se forme un recuerdo en la memoria es necesario en primer lugar una fase de aprendizaje, en la que se adquiere información mediante los sentidos; en segundo lugar, debe producirse la consolidación, para la

estabilización gradual de las asociaciones logradas al aprender; y, en tercer lugar, debe poder producirse la recuperación de los recuerdos almacenados para poder usarlos (Redolar, 2014).

“Si no usamos y repetimos las cosas, nuestra memoria se desvanece... si algo cobró sentido para nosotros o nos comprometió emocionalmente... podemos recordar gran cantidad de detalles en el corto plazo y a veces también en el largo plazo” (Zull, 2002, p. 78).

En la memoria a largo plazo participan entonces las emociones y vivencias, así recordamos y reacomodamos la información de toda una vida de aprendizaje. Esta memoria puede ser explícita, si somos conscientes de ella, o implícita, si no lo somos. Lo que almacenamos en la memoria implícita puede influenciar cómo nos sentimos, reaccionamos o lo que hacemos (Zull, 2002).

#### d) Emociones

Las emociones intervienen en prácticamente todo lo relacionado con el cuerpo humano, desde la salud física hasta la salud mental. Es por ello que ha aparecido una rama de la neurociencia: la neurociencia afectiva, que observa el importante papel que las emociones tienen en nuestra vida.

En el tema del aprendizaje, la emoción interviene en prácticamente todos nuestros procesos cognitivos, incluidas las funciones ejecutivas, la atención y la memoria (Redolar, 2014).

Zull (2002) indica que no es fácil pensar y tomar decisiones cuando tenemos miedo; pero, por otro lado, nuestros razonamientos requieren de la emoción: el aprendizaje está cargado de sentimiento.

Antonio Damasio formuló la *hipótesis del marcador somático*, que indica que las emociones pueden ayudar en el proceso de razonamiento; incluso, para

este autor las emociones pueden, en determinadas ocasiones, reemplazar a la razón. Tal es el caso del miedo que, en determinada situación, permite que un individuo se aleje del estímulo que lo pone en peligro: sistema emocional automático. Mediante la razón se podría llegar al mismo resultado, pero sería consciente y podría tomar más tiempo. El razonamiento inteligente sería una prolongación del sistema emocional automático, sistema en el cual la respuesta no recurre al raciocinio. Entonces, podría decirse que la razón puede hacer buen uso de las emociones; sin embargo, el éxito o fracaso en una determinada decisión dependerá del contexto y de las experiencias previas del individuo que toma la decisión (Redolar, 2014).

Complementando lo anterior, van der Kolk (2014) llama cerebro emocional al conjunto del complejo-R y el sistema límbico, y considera que este busca nuestro bienestar. El complejo-R es la parte más primitiva del cerebro y se encuentra en el tronco cerebral; "... es el responsable de todo lo que pueden hacer los recién nacidos: comer, dormir, despertar, llorar, respirar..." (p. 61). Al detectar el peligro se liberan una serie de hormonas y se producen sensaciones viscerales que harán que cambiemos de dirección. Aunque sutiles, tales sensaciones influyen notablemente en las decisiones que tomamos. Nuestro cerebro racional se toma más tiempo, pues analiza con más detalle y no solo reacciona. Pero las reacciones automáticas no solo se producen ante amenazas, también se producen ante hechos positivos, como el que se presente una oportunidad especial.

Aunque las emociones participan en el raciocinio y pueden ser fundamentales para su desarrollo, también pueden interferir con él (Zull, 2002, Alonso, 2017). Un ejemplo para lo primero puede ser la intuición que el

matemático tiene al derivar sus ecuaciones. No es razonamiento puro. Un ejemplo de lo segundo es la liberación de adrenalina en momentos de angustia, la cual bloquea al córtex frontal, donde se generan las ideas. Sin embargo, cabe señalar que el estrés intenso es perjudicial: según la curva de Yerkes-Dodson, el nivel de rendimiento de las personas se incrementa con el nivel de presión mientras esta sea positiva, que aliente la productividad; pero empieza a declinar cuando el nivel de presión es excesivo (Alonso, 2017). Sin embargo, el estrés de corto plazo (la tensión) tiene efectos positivos sobre la memoria (Zull, 2002).

“El estudio inicial de los sistemas neurales subyacentes a las emociones se centró en el sistema límbico...” (Redolar, 2014, p. 650). Ahora se sabe que hay áreas del sistema límbico muy relacionadas con las emociones, como la amígdala; sin embargo, otras áreas son más significativas para el aprendizaje y la memoria, como el hipocampo. De otro lado, la respuesta emocional tiene tres componentes: conductual, neurovegetativa y endocrina, las cuales están relacionadas con el hipotálamo y el tronco encefálico, en tanto que su procesamiento depende de la amígdala y la corteza cerebral (Redolar, 2014).

En términos generales, puede señalarse que la amígdala está implicada en las reacciones emocionales de especies animales muy variadas (entre ellas, el ser humano) y en los efectos de las emociones sobre diferentes procesos cognitivos, como la atención, la memoria o la cognición social (Redolar, 2014, p. 655).

Los lóbulos frontales están implicados en las emociones, en especial la corteza prefrontal, la cual no madura en épocas tempranas del desarrollo sino después. A medida que lo hace, la persona comienza a acceder a una serie de capacidades, entre estas, inhibir respuestas no apropiadas. La corteza prefrontal interviene en las situaciones sociales, en los juicios morales, en la flexibilidad y en la conducta adaptativa (Redolar, 2014).

La regulación emocional es importante a lo largo de la vida, el aprender a gestionar las emociones. El estudiante universitario puede tener las habilidades cognitivas para completar una carrera universitaria, sin embargo, una mala gestión de sus emociones puede afectar su desempeño y, en el peor de los casos, impedir que concluya sus estudios.

e) Motivación

La motivación permite iniciar procesos cognitivos complejos y conductas específicas: es una función emocional (Carmona y Moreno en Redolar, 2014). Para Redolar (2014), la motivación sería una serie de elementos “que inician, sostienen y dirigen una determinada conducta”, adicionando que “... el refuerzo y la motivación son dos procesos de gran importancia biológica, ya que fomentan el bienestar y procuran la supervivencia de los individuos” (Redolar, 2014, p. 542).

En general, la motivación se puede producir a nivel de los estados instintivos elementales del hombre (hambre, sed) o a nivel de sus aspiraciones personales o sociales (Mesurado, 2008). En el caso del aprendizaje y la enseñanza, nos interesa el segundo nivel o estado.

La motivación puede ser extrínseca o intrínseca. En el primer caso, el logro de la meta está motivado por una recompensa (aprobar el curso, una buena nota); mientras que en el segundo caso el logro de la meta está motivado por la actividad misma. Para ayudar a una persona a aprender debemos descubrir qué la motiva (Schunk, 2012; Zull, 2002).

El profesor necesita entender la motivación intrínseca: el significado que el estudiante le otorga a su aprendizaje (Mesurado, 2008), para lo cual es



necesario conocer a los estudiantes no solo en cuanto a sus aptitudes sino también en cuanto a sus objetivos y metas.

Sin embargo, pueden reconocerse dos efectos positivos de las recompensas extrínsecas: pueden hacer que el aprendiz empiece a hacer algo (tal vez no sepa que puede disfrutar aprendiendo un determinado tema, por ejemplo) y pueden ayudar al aprendiz en situaciones de presión (Zull, 2002).

Redolar (2014) indica que la estimulación mediante refuerzos es un tema muy elaborado en el que intervienen distintos sistemas independientes. Son importantes las neuronas dopaminérgicas del núcleo accumbens y las del área tegmental ventral. Asimismo,

la liberación de dopamina en el estriado dorsal y ventral, en la amígdala y en la corteza prefrontal podría desempeñar un papel crítico en la señalización del valor y la significancia motivacional de las experiencias, los estímulos y las respuestas que lleva a cabo el individuo para obtener un refuerzo (pp. 545,546).

La liberación de dopamina en la corteza prefrontal, el núcleo accumbens, el núcleo estriado, el hipocampo y la amígdala podría ayudar a valorar las metas y las conductas asociadas al refuerzo, pues se interactúa con redes que codifican en forma precisa los estímulos y lo que se puede predecir de estos (Redolar, 2014).

Al individuo detectar un estímulo reforzante, lo evalúa, desarrolla conductas apropiadas para conseguir el estímulo e inhibe las conductas inapropiadas para no conseguirlo. Las experiencias previas juegan un papel muy importante. Esto no solo sucede ante estímulos reforzantes sino ante estímulos que preceden a refuerzos (Redolar, 2014).

Como se mencionó anteriormente, van der Kolk (2014) considera al complejo-R y al sistema límbico como nuestro cerebro emocional. El complejo-

R está formado al nacer y el sistema límbico se va desarrollando al crecer, pudiendo verse afectado tanto por experiencias positivas como negativas. El sistema límbico actúa como un juez, determinando qué experiencias son de agrado o de desagrado para el individuo, qué experiencias le permiten sobrevivir o no, y podría ampliarse a qué experiencias le acercan a sus metas o no. Pero, como se ha indicado anteriormente, también el estímulo reforzante debe ser minuciosamente caracterizado, y para ello es necesaria la intervención de la corteza y, al ser un tema complejo, intervienen distintas estructuras cerebrales.

### **2.2.3 Programa de enseñanza basado en la neurociencia**

Una serie de investigaciones principalmente descriptivas reconocen que con lo descubierto acerca de la neurociencia y de cómo funciona el cerebro, indiscutiblemente ello tendría un impacto en la educación (Zull, 2002; de la Barrera y Donolo, 2009; Puebla, 2012; Falconi, Alajo, Cueva, Mendoza, Ramírez y Palma, 2017; Paz, I., Acosta, Bustamante y Paz, S., 2019). Si se conoce cómo el cerebro aprende, y este conocimiento es usado por los profesores en sus clases, ello tendría que tener un efecto sobre los aprendizajes. Asimismo, a nivel empírico, se ha logrado corroborar este razonamiento, aunque se ha estudiado el efecto del uso de algunas estrategias neurocientíficas sobre ciertos factores puntuales como la atención, la motivación, la satisfacción, el rendimiento académico y, en un caso no disponible aún al elaborar el programa de enseñanza para esta investigación, el aprendizaje (Valerio et al., 2016; Valencia, 2017; Betegón, 2017; Tacca, D. et al., 2019 y Romero, J. et al., 2021). Las investigaciones halladas, que no abundan, corresponden al nivel de educación Secundaria y Superior. Ninguna de las investigaciones fue aplicada a nivel universitario en estudiantes de ingeniería. Al revisar la literatura, se ha hallado

que se dispone de los conocimientos para elaborar un programa de enseñanza que abarque más estrategias neurocientíficas (Redolar, 2014, Portellano y García, 2014 y Zull, 2002), lo cual se consideró sería un aporte para la educación Superior, y se eligió observar su efecto en el aprendizaje de estudiantes de ingeniería, a fin de lograr los objetivos de la investigación. Se diseñó entonces un programa de enseñanza basado en la neurociencia llamado Neuroeducación en Ingeniería, el cual ha sido perfilado a fin de activar las siguientes funciones mentales: funciones ejecutivas, atención, memoria, emociones y motivación, las cuales vienen a ser las dimensiones de la variable considerada independiente: el programa de enseñanza basado en la neurociencia. El programa fue entonces estructurado según tales dimensiones.

Es notable conocer acerca del uso de las funciones ejecutivas: poder dirigir la atención para conseguir una meta, simular posibilidades de acción, planificar acciones, tener flexibilidad para cambiar de rumbo si se presenta un obstáculo; se considera que alentar su uso en el aula es imprescindible. En esta investigación se prestó atención a la toma de decisiones, el razonamiento y la resolución de problemas, procesos en los que se hace uso de las funciones ejecutivas y que son requeridos en los estudiantes universitarios de todas las carreras.

La atención, la cual puede y debe ser manipulada, trabajada, alentada, nos insta a hacer de conocimiento de los estudiantes este hecho y a usar herramientas educativas que maximicen el porcentaje de tiempo que un estudiante puede prestar atención durante una clase.

El uso de la memoria de trabajo en todo momento y el objetivo de lograr un almacenamiento de memoria a largo plazo amplio, un aprendizaje para toda

la vida, también es importante para esta investigación: el refuerzo del contenido, la reiteración durante las clases, la práctica al incentivar la solución de problemas, son esenciales.

El aspecto en el que menos se puede trabajar ampliamente durante las clases es en el de las emociones, el cual es un campo complejo, igualmente atendido, pero no en forma particular.

Por último, la motivación, saber qué motiva a los estudiantes y hacer uso de ello en las clases, observar su efecto en los estudiantes, es también un aliciente para el profesor, quien selecciona con cuidado los hechos que motivan y hacen que el estudiante sea constante y que esté dispuesto a persistir en su aprendizaje a pesar de los desafíos.

Considerando estas funciones mentales es que se ha elaborado el programa de enseñanza basado en la neurociencia Neuroeducación en ingeniería.

### **2.3 Definición de términos**

Aprendizaje: cambio perdurable en el comportamiento, o en la facultad para conducirse de cierto modo, que es consecuencia de la práctica o de otros tipos de experiencia; puede ser retenido y no es resultado únicamente del desarrollo (Schunk, 2012 y Gagné, 1965 citado por Carrasco y García, 2018).

Calidad del aprendizaje: un aprendizaje de calidad es el resultado de una instrucción de calidad que se centra en problemas reales o auténticos practicando lo siguiente: enlazar los conocimientos previos con los conocimientos nuevos, el docente demuestra lo que los estudiantes deben aprender, el estudiante demuestra lo que aprende y recibe retroalimentación

oportuna por parte del docente, y el estudiante puede integrar lo que ha aprendido en su vida personal (Frick et al., 2010).

Neurociencia: conjunto de ciencias que estudian la estructura y funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso para conocer el fundamento biológico del comportamiento (National Research Council, 2009).

Problema auténtico: actividades de aprendizaje significativo que son claramente relevantes para el estudiante y que pueden serle útiles en el futuro, sea en su profesión, en su vida personal, etc. (Frick et al., 2010).

Programa de enseñanza: documento que permite organizar y dar detalle de un proceso de instrucción orientado según determinada teoría o enfoque. Incluye la fundamentación de la teoría o enfoque, los objetivos que se busca conseguir, la metodología (técnicas a ser utilizadas para el logro de los objetivos) y, por último, los temas que se debe enseñar, la manera en la que se debe formular cada actividad de enseñanza y los materiales a ser utilizados en ello.

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

- La aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora de manera significativa los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

- La aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora de manera significativa la solución de problemas auténticos del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.

- La aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora de manera significativa la activación: enlazar la pasada experiencia con lo que se aprende, del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.
- La aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora de manera significativa la integración: usar lo que aprendió en la vida diaria, del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.



## CAPÍTULO III: MÉTODO

En este capítulo se presenta el nivel, tipo y diseño de la investigación, se describe la población y las muestras, se definen las variables de investigación, se presenta el instrumento utilizado para medir la variable calidad de los aprendizajes y el programa de enseñanza basado en la neurociencia elaborado, se explican las técnicas e instrumentos de recolección de los datos, se presenta el análisis de confiabilidad del instrumento, la validez de contenido tanto del instrumento como del programa de enseñanza, y se indican las técnicas de procesamiento y análisis de los datos.

### 3.1 Nivel, tipo y diseño de la investigación

La presente investigación es de nivel explicativo o de comprobación de hipótesis causales pues busca una explicación científica y la predicción. En este nivel de estudio es necesario plantear hipótesis que expliquen un fenómeno. Guarda correspondencia con la investigación experimental pues busca modificar un fenómeno: establecer el efecto de un Programa de Enseñanza Basado en la Neurociencia en los Aprendizajes en el curso Mecánica de fluidos I de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima (Sánchez y Reyes, 2015).

El tipo de investigación, según Sánchez y Reyes (2015), es aplicada pues busca aplicar los conocimientos teóricos en una situación concreta, observando las consecuencias prácticas que se pueden producir. Según otra clasificación, indicada por los mismos autores, sería de tipo tecnológica, pues comprueba la validez de una técnica en la que se aplican principios científicos, demostrando su eficacia o ineficacia sobre un hecho.

El diseño de la investigación es cuasiexperimental. Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) "... un experimento consiste en aplicar un estímulo a un individuo o grupo de individuos y ver el efecto de ese estímulo en alguna(s) variable(s) del comportamiento de estos". En la investigación cuasiexperimental:

... no se asignan al azar los sujetos a los grupos experimentales, sino que se trabaja con grupos intactos... y alcanzan validez interna en la medida en que demuestran la equivalencia inicial de los grupos participantes y la equivalencia en el proceso de experimentación (p.179).

En esta investigación cuasiexperimental se hizo una comparación entre un grupo experimental (que recibe el Programa de Enseñanza Basado en la Neurociencia) y un grupo de control (que no lo recibe). Se hicieron pruebas pretest y posttest. Las siguientes ecuaciones grafican el procedimiento:

GE  $O_1 X O_2$

GC  $O_3 - O_4$

GE: grupo experimental

GC: grupo de control

X: variable independiente (Programa de Enseñanza Basado en la Neurociencia)

$O_1, O_3$ : pretest en la variable dependiente (instrumento)

$O_2, O_4$ : posttest en la variable dependiente (mismo instrumento)

## **3.2 Participantes**

### **3.2.1 Población**

En la presente investigación la unidad de análisis es el curso Mecánica de Fluidos I de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima. Definida la unidad de análisis puede delimitarse la población a estudiar y sobre la cual se generalizan los resultados (Hernández et al, 2010).

De este modo se considera que la población está conformada por los estudiantes de quinto ciclo inscritos en el curso Mecánica de fluidos I de la



carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima. Se trata de una población de 142 estudiantes, según información oficial proporcionada por la Oficina de Estadística de la institución en la que se realizó la investigación (2020).

Para caracterizar a la población se realizó una encuesta a 43 de estos estudiantes. Se halló que la edad promedio es de 22 años. De los 43 estudiantes encuestados, 63 % nació en Lima y 37 % en provincia, 28 % viven en la ciudad de Lima, 42 % en Lima Norte, 23 % en Lima Este y 7 % en Lima Sur. Asimismo, 28 % de los estudiantes trabaja y estudia y el restante 72 % solo estudia.

### **3.2.2 Muestra**

Según Hernández et al (2010): “la muestra... es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (p. 207).

Las muestras pueden ser probabilísticas o no probabilísticas. En esta tesis se ha seleccionado una muestra no probabilística, dirigida o por conveniencia, puesto que la elección de los estudiantes no depende de la probabilidad sino de los propósitos de quien investiga. “La ventaja de una muestra no probabilística es su utilidad para determinado diseño de estudio que requiere no tanto una representatividad de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de sujetos con ciertas características...” (Hernández et al, 1999, p. 226-227). Cuando los sujetos son homogéneos, los resultados no obedecerán a distinciones individuales sino a las situaciones a las que fueron expuestos.

Los **criterios de inclusión** son estar inscrito en el curso en las secciones en las que la autora de esta tesis era la profesora del curso (secciones H y J), y

los **criterios de exclusión** son que los estudiantes no hayan estado ausentes a más del 50 % de las clases.

La muestra del grupo experimental está conformada por los estudiantes de la sección H inscritos en el ciclo 2019-II en el curso Mecánica de fluidos I de la Facultad de Ingeniería Civil de una universidad pública de Lima y que rindieron las pruebas pretest y postest, en total 23 estudiantes. Se ha estimado que, al usar una muestra de 23 estudiantes de una población de 142, se trabajaría con un margen de error del 18,8 % al 95 % de confianza.

En el caso del grupo de control, estudiantes inscritos en la sección J, este grupo no recibió el programa de enseñanza basado en la neurociencia; recibió un dictado convencional (como se viene haciendo) a cargo de la misma profesora del curso. En este grupo se aplicaron exactamente las mismas pruebas que en el grupo experimental y se trabajaron los resultados de los estudiantes exactamente del mismo modo. En este caso, 25 estudiantes rindieron las pruebas pretest y postest.

### **3.3 Variables de investigación**

#### **3.3.1 Variable dependiente: Calidad de los aprendizajes**

La definición conceptual de calidad de los aprendizajes sería el logro de un aprendizaje de cierto nivel, y para toda la vida, a fin de que los estudiantes puedan desempeñarse adecuadamente tanto profesional como personalmente (Carrasco y García, 2018).

Para la definición operacional de la calidad de los aprendizajes se ha utilizado una traducción y adaptación del instrumento TALQ, que mide los cinco principios de la instrucción de Merrill y otros parámetros adicionales. Sin embargo, para la presente tesis, se ha considerado tres dimensiones que

corresponden a tres de tales principios: la solución de problemas auténticos, la activación y la integración. En la Tabla 1 se muestra la operacionalización de la variable Calidad de los aprendizajes.

Tabla 1

Operacionalización de la variable dependiente Calidad de los aprendizajes

<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>
Solución de problemas auténticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de tareas auténticas</li> <li>• Tareas organizadas de simple a complejo</li> </ul>	Traducción y adaptación del instrumento
Activación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectar la pasada experiencia con los conocimientos nuevos</li> </ul>	TALQ
Integración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización mental del nuevo conocimiento</li> <li>• Uso de lo que se aprende en lo personal</li> <li>• Demostración pública de sus nuevos conocimientos</li> </ul>	

En la Tabla 2 se muestra la ficha técnica de la traducción y adaptación del instrumento TALQ.

Tabla 2

Ficha técnica de la traducción y adaptación del instrumento TALQ

Propiedad	Nombres
Nombre	Traducción y adaptación del instrumento TALQ
Nombre original	TALQ Scales
Autores	Theodore Frick, Rajat Chadha y Carol Watson
Procedencia	Indiana, EEUU
Adaptación peruana	Elena R. Saona Betetta, Rocío L. Arista Alarcón
Aplicación	Individual
Ámbito de aplicación	Estudiantes de educación superior
Duración	Entre 20 y 25 minutos
Finalidad	Evaluación de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje
Baremación	Con la prueba piloto realizada se obtuvo una confiabilidad según el coeficiente $\alpha$ de Cronbach de 0,636 para el Principio 1, de 0,817 para el Principio 2, de 0,800 para el Principio 3, de 0,568 para el Principio 4 y de 0,554 para el Principio 5.

### 3.3.2 Variable independiente: Programa de enseñanza basado en la neurociencia

El programa de enseñanza basado en la neurociencia puede definirse como un sistema y distribución de los temas que componen el curso a dictar, elaborado por la profesora según el método adoptado: uso de lo hallado o

verificado a la fecha por la neurociencia. Entre las estrategias neurocientíficas insertadas en tal programa de enseñanza se tiene la práctica o cuidado de las funciones ejecutivas, la atención, la memoria, las emociones y la motivación.

Para la definición operacional del programa de enseñanza utilizado se elaboró un programa de enseñanza basado en la neurociencia que lleva por nombre Neuroeducación en Ingeniería y que incorpora en sus sesiones el uso de las estrategias de aprendizaje indicadas: funciones ejecutivas, atención, memoria, emociones y motivación. En la Tabla 3 se muestra la operacionalización del Programa de enseñanza basado en la neurociencia elaborado.

Tabla 3

Operacionalización de la variable independiente Programa de enseñanza basado en la neurociencia

<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Programa</b>
Funciones ejecutivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma de decisiones</li> <li>• Razonamiento</li> <li>• Solución de problemas</li> </ul>	Programa de enseñanza
Atención	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de estímulos</li> <li>• Descarte de estímulos</li> </ul>	Neuroeducación en Ingeniería*
Memoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria a largo plazo</li> <li>• Memoria de trabajo</li> </ul>	
Motivación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivación extrínseca</li> <li>• Motivación intrínseca</li> </ul>	

\*El programa de enseñanza basado en la neurociencia elaborado se muestra en el Apéndice A.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para llevar a cabo esta investigación se solicitó al Decano de la Facultad de Ingeniería Civil de la universidad pública de Lima seleccionada que permita a

la tesista dictar en dos secciones del curso Mecánica de fluidos I, uno sería el grupo experimental y otro sería el grupo de control. La selección de cuál sería el grupo experimental fue al azar, la sección H recibió el programa de enseñanza basado en la neurociencia y la sección J recibió un dictado tradicional.

La técnica utilizada es la encuesta por tratarse de una investigación cuantitativa que hace uso de datos. Esta encuesta se realizó al inicio del ciclo (pretest) y al final del ciclo (postest), tanto en el grupo de control como en el grupo experimental. La encuesta fue anónima en todos los casos. Los estudiantes firmaron su consentimiento para llenar las encuestas.

El instrumento utilizado es una traducción y adaptación del instrumento TALQ, que consta de 35 preguntas que miden cinco escalas: los cinco principios de la instrucción de Merrill (20 preguntas), el ALT (Academic Learning Time, en español: tiempo de aprendizaje académico) (cuatro preguntas), el progreso de aprendizaje del estudiante (cuatro preguntas), la satisfacción del estudiante (cuatro preguntas) y la calidad global (tres preguntas). En este instrumento los estudiantes respondieron según su apreciación como: fuertemente en desacuerdo, en desacuerdo, indeciso, de acuerdo o fuertemente de acuerdo. Estas valoraciones han sido llevadas a números posteriormente según la escala de Likert de 1 a 5. El autor, Theodore Frick, de la Indiana University Bloomington, dio su consentimiento para el uso de tal instrumento indicando que es de uso libre con fines educativos no lucrativos, incluyendo su uso en estudios de investigación en los que se evalúa la instrucción.

El instrumento TALQ ha sido utilizado en otras investigaciones en Estados Unidos, y ha sido traducido y adaptado al español para utilizarlo en la presente investigación. Frick et al. (2010), luego de aplicar el instrumento TALQ,

obtuvieron los coeficientes  $\alpha$  de Cronbach mostrados en la Tabla 4 como indicadores de la confiabilidad.

Tabla 4

Valores del coeficiente  $\alpha$  de Cronbach (TALQ original)

Principio	Coficiente $\alpha$ de Cronbach
Problemas auténticos	0,690
Activación	0,812
Demostración	0,830
Aplicación	0,758
Integración	-0,780

Los coeficientes  $\alpha$  de Cronbach se encuentran en su mayoría en el rango de 0,7 a 0,9; es decir, muestran una buena consistencia interna (Oviedo, Campo-Arias, 2005). El único caso en el que el coeficiente fue inferior a 0,7 es en el caso del principio Problemas auténticos.

La traducción y adaptación del instrumento TALQ ha sido validada sometiéndola al juicio de expertos de cinco profesores de la Facultad de Ingeniería Civil de la universidad pública de Lima seleccionada con grado de magister o maestro en educación. La validez de contenido del instrumento fue estimada haciendo uso del coeficiente V de Aiken (Robles, 2018 y Martín-Romera y Molina, 2017). En la Tabla 5 se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 5

Valores del coeficiente V de Aiken para Validez de contenido

Principio	Claridad	Relevancia	Coherencia
Problemas auténticos	0,917	0,933	0,867
Activación	0,880	0,890	0,880
Demostración	0,970	0,920	0,880
Aplicación	0,933	0,933	1,000
Integración	0,925	0,925	1,000

Se observa que la claridad y relevancia son superiores a 0,8 en el caso de las tres dimensiones consideradas para esta investigación: solución de problemas auténticos, activación e integración. De otro lado, la coherencia muestra ser superior a 0,8 en las mismas dimensiones, llegando a ser 1,00 en el caso de la dimensión integración.

Se realizó una prueba piloto para conocer las debilidades del instrumento y mejorarlo. En este caso se efectuó la prueba piloto con los estudiantes del curso Mecánica de fluidos II el ciclo previo a la realización de esta investigación. El número de estudiantes que contestó las preguntas fue 22. Sus observaciones fueron consideradas para mejorar algunos aspectos del instrumento respecto a claridad y funcionalidad. La confiabilidad del instrumento es la que se muestra en la Tabla 6 a partir de los resultados obtenidos de la prueba piloto.



Tabla 6

Valores del coeficiente  $\alpha$  de Cronbach (Prueba piloto)

Principio	Coeficiente $\alpha$ de Cronbach
Problemas auténticos	0,636
Activación	0,817
Demostración	0,800
Aplicación	0,568
Integración	0,554

Solo en el caso de los principios Activación y Demostración, los coeficientes  $\alpha$  de Cronbach se encuentran en el rango de 0,7 a 0,9, mostrando buena consistencia interna (Oviedo y Campo-Arias, 2005). En el caso de los principios Problemas auténticos, Aplicación e Integración, estos coeficientes fueron inferiores a 0,7; sin embargo, como lo indican los mismos autores, se pueden aceptar valores inferiores cuando no se cuenta con otro instrumento.

El programa de enseñanza basado en la neurociencia ha sido validado sometiénolo al juicio de expertos de tres maestras con el grado de magíster y con la especialidad de neuroeducación. La validez fue estimada haciendo uso del coeficiente V de Aiken (Robles, 2018 y Martin-Romera y Molina, 2017). Se obtuvieron coeficientes globales de 0,982 para la claridad y de 0,998 para la relevancia, valores bastante altos.

### 3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Todas las valoraciones del instrumento fueron convertidas a números, según la escala de Likert. Algunos enunciados fueron escritos en negativo, procediéndose a invertir la escala en tales casos. Los datos codificados fueron transferidos a una matriz para realizar cálculos con ellos como: estadística

descriptiva (media, mediana, desviación estándar), pruebas de normalidad y estadística inferencial (prueba de hipótesis). Todos los cálculos se realizaron para los resultados pretest y posttest, tanto para el grupo experimental como para el grupo de control.

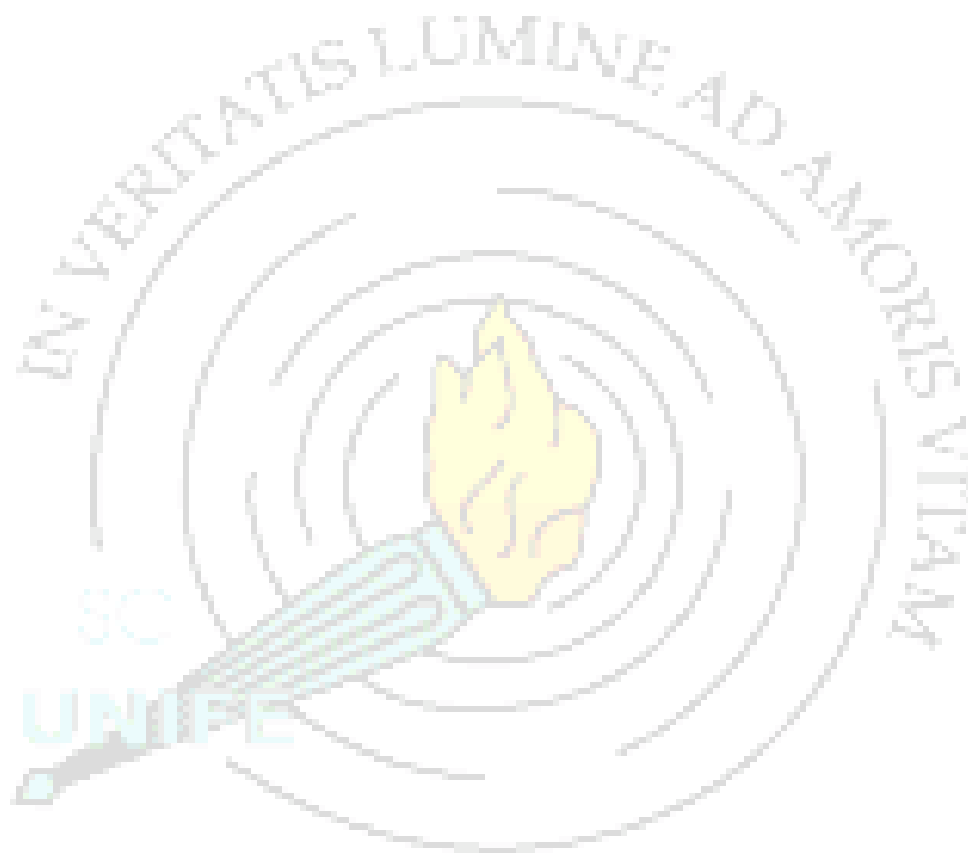
Dado que cada una de las muestras es pequeña (número de datos inferior a 50), para la prueba de normalidad se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. La hipótesis nula es: los resultados siguen una distribución normal. Si la significancia es inferior a 0,050, se rechaza la hipótesis nula, es decir, los resultados no siguen una distribución normal. El valor de significancia del 5 % considera que “el investigador tiene 95 % de seguridad para generalizar sin equivocarse y solo 5 % en contra” (Hernández et al., 2010, p. 309).

En el caso de la prueba de hipótesis, se utilizaron métodos no paramétricos, los cuales aceptan distribuciones no normales. Entre los métodos no paramétricos se tiene la prueba U de Mann-Whitney que permite comparar medias o medianas de dos muestras independientes. La hipótesis nula plantearía que existe igualdad de medias o medianas y la hipótesis de investigación plantearía que las medias o medianas difieren significativamente (Romero, 2013). Igualmente, si la significancia es inferior a 0,050, se rechaza la hipótesis nula, es decir, no habría igualdad entre las medias o medianas. Dado que se ha utilizado la escala de Likert, lo que corresponde es comparar medianas. Esta prueba se utilizará para la comparación de medianas de las pruebas posttest entre el grupo de control y el grupo experimental.

En el caso de comparación de medianas entre pretest y posttest para el grupo experimental las muestras están relacionadas, de modo que se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. La hipótesis nula plantearía que existe

igualdad de medianas y la hipótesis de investigación plantearía que las medianas difieren significativamente. Del mismo modo, si la significancia es inferior a 0,050, se rechaza la hipótesis nula, es decir, no habría igualdad entre las medianas.

Estos cálculos son efectuados haciendo uso del programa de cómputo IBM SPSS Statistics 26 para ser luego interpretados.



## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Los resultados se muestran para las tres dimensiones seleccionadas en los objetivos e hipótesis de esta investigación: Solución de problemas auténticos, Activación e Integración, tanto para las pruebas preexperimental, precontrol, posexperimental y poscontrol. Las pruebas preexperimental y posexperimental corresponden a las pruebas pretest y postest en el grupo experimental, mientras que las pruebas precontrol y poscontrol corresponden a las pruebas pretest y postest en el grupo de control.

### 4.1 Estadísticos descriptivos

Se ha hallado la media, mediana y desviación estándar, y se ha efectuado la prueba de normalidad, para cada dimensión y prueba. Dado que cada una de las muestras es pequeña (número de datos inferior a 50), para la prueba de normalidad se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. La hipótesis nula es: los resultados siguen una distribución normal. Si la significancia es inferior a 0,050, se rechaza la hipótesis nula, es decir, los resultados no siguen una distribución normal. En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos para la dimensión problemas auténticos, en la tabla 8 para la dimensión activación y en la tabla 9 para la dimensión integración. Dado que se ha utilizado la escala de Likert, el estadístico importante es la mediana. Se observa que en las tres dimensiones la mediana es inferior en el grupo de control previo al experimento respecto al grupo experimental, y que en las tres dimensiones la mediana es superior en el grupo de control después del experimento respecto al grupo experimental. Se observa también que en las tres dimensiones la mediana disminuye luego del experimento en el grupo experimental y que más bien aumenta en el grupo de

control. Estas variaciones son numéricas y se efectuará una prueba de hipótesis (contrastación de medianas) para determinar si realmente hubo variación al final del curso entre los grupos experimental y de control, y si hubo variación entre la situación preexperimental y posexperimental. En cuanto a la prueba de normalidad, se observa que no todos los resultados siguen una distribución normal (significancia inferior a 0,05), de modo que es apropiado utilizar pruebas no paramétricas para la contrastación de medianas en la prueba de hipótesis.

Tabla 7

Estadísticos descriptivos y prueba de normalidad para Problemas auténticos

Estadístico	Preexperimental	Precontrol	Posexperimental	Poscontrol
Media	3,667	3,427	3,565	3,800
Mediana	4,000	3,667	3,667	4,000
Desviación estándar	0,521	0,597	0,699	0,631
Sig. (Shapiro-Wilk)	0,003	0,122	0,048	0,102

Tabla 8

Estadísticos descriptivos y prueba de normalidad para Activación

Estadístico	Preexperimental	Precontrol	Posexperimental	Poscontrol
Media	3,733	3,688	3,728	3,800
Mediana	4,000	3,600	3,800	4,000
Desviación estándar	0,536	0,480	0,565	0,563
Sig. (Shapiro-Wilk)	0,009	0,038	0,468	0,198

Tabla 9

Estadísticos descriptivos y prueba de normalidad para Integración

Estadístico	Preexperimental	Precontrol	Posexperimental	Poscontrol
Media	3,693	3,430	3,478	3,687
Mediana	4,000	3,500	3,500	3,667
Desviación estándar	0,807	0,566	0,630	0,496
Sig. (Shapiro-Wilk)	0,007	0,295	0,135	0,809

#### 4.2 Prueba de hipótesis

Si bien las medianas muestran diferencias, según se ha observado en las tablas de estadísticos descriptivos, estas diferencias pueden no ser estadísticamente significativas, es por ello que se realiza la prueba de contrastación de medianas. Dado que no todos los resultados se distribuyen normalmente, se ha utilizado métodos no paramétricos para la contrastación de medianas. En el caso de la comparación de resultados entre el grupo experimental y el grupo de control, al ser muestras independientes, se hace uso de la prueba U de Mann-Whitney. La hipótesis nula plantearía que existe igualdad de medianas y la hipótesis de investigación plantearía que las medianas difieren significativamente. Si la significancia es inferior a 0,050, se rechaza la hipótesis nula, es decir, no habría igualdad entre las medianas. En la tabla 10 se muestra los resultados que comparan los grupos experimental y control al final del experimento.

Tabla 10

Contrastación de medianas entre posexperimental y poscontrol

	Problemas auténticos	Activación	Integración
Mann-Whitney U	242.500	264.500	234.500
Wilcoxon W	518.500	540.500	510.500
Z	-.948	-.480	-1.108
Asymp. Sig. (2-tailed)	.343	.631	.268

Se observa que hay igualdad de medianas (significancia superior a 0,05), de modo que la primera hipótesis: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la solución de problemas auténticos del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima se rechaza; la segunda hipótesis: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la activación (enlazar la pasada experiencia con lo que se aprende) del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima se rechaza; y la tercera hipótesis: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora la integración (usar lo que aprendió en la vida real) del curso de Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima se rechaza. De este modo, la hipótesis general: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima se rechaza.

De otro lado, se ha contrastado las medianas en el grupo experimental, observando la diferencia entre el inicio y el fin del experimento. Dado que en el caso de comparación de medianas entre pretest y posttest para el grupo

experimental las muestras están relacionadas, se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. La hipótesis nula plantearía que existe igualdad de medianas y la hipótesis de investigación plantearía que las medianas difieren significativamente. Del mismo modo, si la significancia es inferior a 0,050, se rechaza la hipótesis nula, es decir, no habría igualdad entre las medianas. Estos resultados se muestran en la tabla 11.

Tabla 11

Contrastación de medianas en el grupo experimental

	Problemas auténticos	Activación	Integración
Z	-,143 <sup>b</sup>	-,087 <sup>c</sup>	-,524 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	0.886	0.930	0.600

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

c. Se basa en rangos negativos.

De igual modo, se observa que hay igualdad de medianas (significancia superior a 0,05), de modo que la primera hipótesis: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la solución de problemas auténticos del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima se rechaza; la segunda hipótesis: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la activación (enlazar la pasada experiencia con lo que se aprende) del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima se rechaza; y la tercera hipótesis: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la integración (usar lo que aprendió en la vida real) del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima se rechaza. De



este modo, la hipótesis general: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima se rechaza.

#### **4.3 Resultados complementarios**

Cabe señalar que los valores de las medianas son en su mayoría altos, superiores a 3,5. Según Frick et al. (2010), los estudiantes estaban de acuerdo con la escala (o dimensión) si la calificación era superior a 3,5, y no estaban de acuerdo si la calificación era igual o inferior a 3,5. Estos autores razonaron que dado que en la escala de Likert original “de acuerdo” era calificado con 4 y “fuertemente de acuerdo” con 5, entonces cualquier promedio cercano a 4 o 5 tenía que ser interpretado como de acuerdo con tal escala; mientras que el caso contrario debía ser interpretado como no de acuerdo pues la valoración “fuertemente en desacuerdo” era evaluado como 1, “en desacuerdo” como 2 e “indeciso” como 3.

Teniendo esto en consideración, en dos de las tres dimensiones evaluadas: Solución de problemas auténticos y Activación, los valores de las medianas son en todos los grupos superiores a 3,5; es decir, los estudiantes de ambos grupos: control y experimental, han calificado positivamente tales dimensiones. Solo en el caso de la dimensión Integración, las medianas son de 3,5 en los grupos precontrol y posexperimental y en los demás grupos son superiores a 3,5. Para la dimensión Integración una de las preguntas fue: “Fui capaz de demostrar en público lo que aprendí en este curso”, la cual fue valorada bajo porque el curso dictado comprende varios temas y por limitaciones de tiempo se realizan muy pocas exposiciones por parte de los estudiantes.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se discutirá los resultados presentados en el capítulo IV. El primer objetivo general de la investigación fue determinar el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia en los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima, habiendo planteado como hipótesis general que “la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima”. Esta hipótesis fue rechazada tanto a nivel general como específico: si bien hay una diferencia numérica entre las medianas, tanto entre las pruebas poscontrol y posexperimental, como entre las pruebas preexperimental y posexperimental, la diferencia no es estadísticamente significativa en las tres dimensiones consideradas en esta investigación: Solución de problemas auténticos, Activación e Integración. Este resultado nos llevó al segundo objetivo general: proponer un plan de mejora al programa de enseñanza luego de evaluar su efecto sobre los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.

Cabe señalar que en algunas investigaciones (Romero, J. et al., 2021; Betegón, 2017) se halló que los programas de intervención no fueron efectivos al cien por ciento, hubo algunas dimensiones en las cuales estos no fueron efectivos, aunque en términos generales sí lo fueron.

Esta tesis inició en 2019 y para entonces se contaba con investigaciones principalmente descriptivas que reconocían que con lo descubierto a esas alturas acerca de la neurociencia y de cómo funciona el cerebro, indiscutiblemente ello tendría un impacto en la educación (Zull, 2002; de la Barrera y Donolo, 2009; Puebla, 2012; Falconi, Alajo, Cueva, Mendoza, Ramírez y Palma, 2017; Paz, I., Acosta, Bustamante y Paz, S., 2019). Si se conoce cómo el cerebro aprende, y este conocimiento es usado por los profesores en sus clases, ello tendría que tener un efecto sobre los aprendizajes. De otro lado, a nivel empírico, Valerio et al. (2016) hallaron en una investigación en la que introdujeron principios de la neurociencia en un grupo experimental, comparándolo luego con el de control, que la atención y la motivación fueron superiores en el grupo experimental; por otra parte, Valencia (2017) halló que la falta de regulación cognitiva se relaciona negativa y significativamente con el rendimiento académico. La regulación cognitiva incluye a la memoria de trabajo, la organización y el monitoreo. Con esta información se consideró acertada la hipótesis propuesta y se diseñó un programa de enseñanza que estructure el dictado y enfatice la motivación, teniendo en cuenta que lo que agrada al aprender se refuerza en la memoria y dirige la atención (De la Barrera y Donolo, 2009; Falconi et al., 2017). Aunque las funciones ejecutivas ya venían siendo activadas en el curso Mecánica de fluidos I por su propia naturaleza, se utilizaron algunas herramientas para potenciar su uso en el programa de enseñanza elaborado para la presente investigación.

Es importante indicar que algunos de los estudios descriptivos mencionados ya avizoraban que a pesar del gran interés que suscitaba la neurociencia, su difusión, con una adecuada calidad, era escasa en el tema de

la educación (Puebla, 2012). Habían aparecido la neuroeducación y la neurodidáctica como disciplinas nuevas, manifestadas de forma más teórica que práctica, a la espera de más estudios prácticos que corroboren su eficacia (Paz, I. et al., 2019). El programa de enseñanza elaborado usa estrategias neurocientíficas que reciben parte de lo señalado en neuroeducación y neurodidáctica, pero ha sido perfilado utilizando estrategias neurocientíficas adicionales halladas en la literatura: funciones ejecutivas, atención, memoria, emociones y motivación.

Las funciones ejecutivas permiten a la persona planificar, coordinar y supervisar con flexibilidad su conducta para lograr sus objetivos. Posibilitan a la persona hacer una simulación mental determinando si una acción sería inefectiva, para entonces evitarla o escoger el camino de acción más adecuado (Carmona y Moreno en Redolar, 2014). Los procesos cognitivos que dependen de un buen control ejecutivo y que han sido considerados en la elaboración del programa de enseñanza elaborado son: la toma de decisiones, el razonamiento y la resolución de problemas. De otro lado, la atención selecciona, prioriza, procesa y supervisa la información percibida mediante estímulos (Portellano y García, 2014). A su vez, la memoria sería la habilidad para almacenar información para que esta pueda ser recuperada posteriormente, existiendo distintos tipos de memoria, con funciones distintas (Portellano y García, 2014, Redolar, 2014); para la presente investigación se ha prestado especial importancia a la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo. En relación a la motivación, esta puede ser extrínseca o intrínseca. En el primer caso, el logro de la meta está motivado por una recompensa (aprobar el curso, una buena nota), mientras que en el segundo caso el logro de la meta está motivado por la

actividad misma. Para ayudar a una persona a aprender debemos descubrir qué la motiva (Schunk, 2012; Zull, 2002). Es así que el profesor necesita entender la motivación intrínseca: el significado que el estudiante le otorga a su aprendizaje (Mesurado, 2008), para lo cual es necesario conocer a los estudiantes no solo en cuanto a sus aptitudes sino también en cuanto a sus objetivos y metas. En cuanto a las emociones, dado que estas intervienen en prácticamente todos nuestros procesos cognitivos: funciones ejecutivas, atención y memoria (Redolar, 2014), es solo de esa forma que ha sido considerada en el programa de enseñanza inicialmente elaborado: el crear una atmósfera en la que los estudiantes no vean afectadas las funciones mentales mencionadas.

Es importante indicar que la práctica de las funciones ejecutivas y la práctica en el uso de la memoria de trabajo es inherente al curso en el cual se aplicó el programa de enseñanza elaborado. En la carrera de Ingeniería civil se resuelven problemas en todos los cursos; los problemas son parte neural de los mismos. Entonces, los estudiantes están acostumbrados a la toma de decisiones, a razonar, y tienen práctica con el uso de la memoria de trabajo. De por sí el curso dictado en ambos grupos, control y experimental, recurría a la solución de problemas. Y en ambos casos se alienta, porque siempre ha sido así, a que los alumnos piensen: ¿cómo sería en este caso? ¿qué pasa si procedo de tal o cual manera? Las funciones ejecutivas están en uso siempre. Sin embargo, como ha sido indicado, en el programa de enseñanza elaborado se ha introducido estrategias que refuerzan aún más la activación de las funciones ejecutivas.

Se expone a continuación y brevemente los puntos más saltantes del programa de enseñanza inicialmente elaborado.

En el programa de enseñanza inicialmente elaborado se hicieron preguntas al inicio de cada clase para conocer los conocimientos previos de los estudiantes y para que recuerden determinado tema que sería utilizado como herramienta durante la clase. También se hizo hincapié en hacer consultas en cada clase acerca de lo que suponían los estudiantes ocurriría ante determinado hecho central. En ocasiones hubo opiniones divididas y finalmente los estudiantes aprendían toda la teoría detrás del mencionado hecho y se daban cuenta de si habían estado equivocados o no. Entonces, construían conocimiento a partir de sus conocimientos previos, no solo de cursos anteriores sino del mismo curso, razonando. Como se sabe, el aprendizaje se produce por experiencia, estructurando lo que se aprende sobre conocimientos existentes (De la Barrera y Donolo, 2009; Paz, I. et al., 2019).

Se utilizó en prácticamente todas las clases videos de corta de duración para motivar intrínsecamente a los estudiantes, esto es, alentar que el estudiante asista con altas expectativas a las clases. En la mayoría de casos se mostró el problema real, el cual sería analizado de manera abstracta en clase; en algunos casos se creó el conflicto cognitivo de Piaget (Pozo, 1994). En otros casos los videos permitieron al estudiante descubrir hechos puntuales. Los temas de los videos eran de varios niveles: ingenieril, físico, curiosidades. Los de nivel ingenieril les mostraron a los estudiantes qué serían capaces de hacer en el futuro, algo que se consideró altamente motivador y que contribuye a que el estudiante tome control de su aprendizaje. Como indican Paz, I. et al. (2019), el cerebro se orienta, a nivel cognitivo y emocional, hacia la supervivencia del individuo en primer lugar, y también hacia el logro de sus intereses. Para Falconi

et al. (2017), al despertar el interés y fomentar la atención, el estudiante aprende y recuerda.

Se realizó un trabajo en equipo en el cual los estudiantes eran los autores de su aprendizaje, eran libres de investigar acerca del tema asignado a cada grupo y elaborar diapositivas para tener un conjunto de diapositivas de todo el salón (tres por tema). En este caso activaron la toma de decisiones y el seleccionar la información relevante y descartar la no relevante, además de afianzar el vínculo estudiante-estudiante y aprender de sus compañeros. Este trabajo fue desarrollado en el centro de cómputo de la facultad en la que se aplicó el estudio, utilizándose herramientas de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). El tema era abordado en la siguiente clase y ellos podían darse cuenta de sus errores y aciertos y los de sus compañeros, de modo que se procedió a efectuar una coevaluación. Este tipo de tarea fue notoriamente del gusto de los estudiantes. Para Falconi et al. (2017), entre las estrategias neurodidácticas metodológicas se encuentra el uso de las TIC. Hubo otras tareas que recurrieron al trabajo en equipo pero que son propias del curso y no particulares al programa de enseñanza basado en la neurociencia.

Por otro lado, para activar la memoria a largo plazo y lograr un aprendizaje para toda la vida, se recurrió mucho a la repetición. Determinados temas básicos eran utilizados reiteradamente para que los estudiantes los vayan incorporando en su bagaje de conocimientos. Los temas ya tratados fueron consultados en clases posteriores para que los estudiantes recuerden lo que ya habían aprendido. Algunos temas eran utilizados varias veces a lo largo del curso para afianzarlos. Como indican De la Barrera y Donolo (2009) y Puebla (2012), la

repetición constante de conceptos con aplicaciones, el redundar en explicaciones y ejemplos, el recordar, contribuyen al aprendizaje.

Asimismo, para que los estudiantes estructuren ordenadamente lo que aprenden, se utilizó la toma de notas calificada en algunas de las clases. Se presentó un video o lectura con determinada explicación y ellos debían tomar notas en forma ordenada. Esta vendría a ser una estrategia neurodidáctica metodológica (Falconi et al., 2017).

Por último, al final de cada clase, se cerraba con un resumen, el cual fue al principio realizado por la profesora haciendo algunas preguntas breves, luego fue realizado al azar por algún estudiante, demostrando que había estado realmente atento durante la clase, y hacia el final del curso, se le solicitó a un estudiante escogido al azar que elabore una metáfora. Esta tarea, aunque totalmente inusual en la carrera de Ingeniería civil, fue del gusto de varios de los estudiantes y algunos elaboraron metáforas bastante claras, bien definidas e impresionantes. Las preguntas, la interacción y el uso de metáforas se insertarían en las estrategias neurodidácticas operativas (Falconi et al., 2017).

El programa de enseñanza elaborado prestó importancia a crear una atmósfera positiva con vínculos profesor-estudiantes y estudiante-estudiante, incentivándose el trabajo en equipo y asignando algunas tareas en las que los estudiantes estuvieron activos trabajando con sus compañeros, observándose que los estudiantes verdaderamente disfrutaron de este tipo de tareas. Según la zona de desarrollo próximo de Vygotsky, también los compañeros pueden ser modelos de aprendizaje requiriendo los estudiantes la interacción (González et al., 2011).



También se tuvo en consideración el no sobrepasar los límites de tensión pues el estrés intenso es perjudicial (Alonso, 2017). De la Barrera y Donolo (2009) también indican que algunas emociones pueden perjudicar a la memoria de trabajo y que los entornos de aprendizaje deberían ser, aunque desafiantes, no atemorizantes.

Habida cuenta de los resultados obtenidos en la presente tesis, se revisó investigaciones más recientes, como la de Tacca, D, Tacca, A. y Alva (2019), quienes encontraron que las estrategias neurodidácticas, las cuales fueron divididas en operativas, socioemocionales y metodológicas, sí se correlacionaron positivamente con la satisfacción del estudiante y con su rendimiento académico, siendo la correlación mayor en el caso de las estrategias socioemocionales, y por otro lado, también se revisó la tesis de Romero, J., Romero, R. y Barboza (2021), quienes hallaron que aplicando la programación neurolingüística y la gimnasia cerebral el aprendizaje de los estudiantes se veía incrementado, especialmente el aprendizaje significativo y el aprendizaje por descubrimiento.

Las estrategias operativas están referidas a organizadores previos, mayéutica, mnemotécnica, metáfora, analogía y tácticas de interacción; las estrategias metodológicas usan mapas mentales, mapas conceptuales, tecnologías de la información y la comunicación; y las estrategias socioemocionales recurren a la relajación, la retroalimentación, la sensibilización (Falconi et al., 2017). Por otro lado, la programación neurolingüística relaciona el sistema nervioso con el lenguaje como expresión del aprendizaje (Estupiñan y De Mora, 2017). Estas investigaciones fueron aplicadas en poblaciones distintas a aquella sobre la cual la presente investigación fue aplicada. Sus resultados son

positivos, pero esto podría deberse a la mayor receptividad de los estudiantes ante modos de enseñanza innovadores. Como indica Vásquez en CLACSO (2012), la estrategia del docente incluye pensar cuidadosamente en el tiempo disponible, la secuencia de los temas y el método de enseñanza y aprendizaje más viable para el entorno y la población en la que aplique su estrategia. Es así que en esta investigación se considera que no todas las poblaciones responderán igual ante una determinada estrategia y, aunque el programa elaborado se basa en estrategias neurocientíficas, la mayoría de las cuales mostraron ser útiles al aplicarlas, las razones para que en la presente investigación no se haya aceptado la hipótesis general de investigación han sido buscadas en lo observado durante la aplicación del programa de enseñanza elaborado, como se indica a continuación.

Al observar las distintas clases efectuadas se pudo notar lo siguiente: los estudiantes no estaban acostumbrados a las preguntas iniciales para conocer sus conocimientos previos o para recordar lo que ya sabían: los estudiantes de la universidad pública en la que se aplicó este programa de enseñanza no están habituados a participar en clase, más bien son estudiantes silenciosos. Los estudiantes que participan en clase son la minoría. Por otro lado, la tarea de la toma de notas no fue del todo agradable para los estudiantes, pues algunos de ellos están acostumbrados a tener más libertad en cuanto a su toma de notas, no lo consideran una habilidad importante. Asimismo, la elaboración de metáforas hacia el final del curso, aunque les permitió incursionar en algo que no habían hecho antes, generó algunas reticencias en cierto número de estudiantes. Estos factores pueden haber contribuido a que la valoración dada

al final del curso en el grupo experimental no haya mostrado diferencia significativa respecto al grupo de control en cuanto a la calidad del aprendizaje.

También es cierto que los estudiantes de la universidad en la que se aplicó el programa tienen un alto nivel de responsabilidad y cumplen con los objetivos del curso, están comprometidos con su aprendizaje por una motivación intrínseca ya presente en ellos y una responsabilidad con sus tareas por propia convicción. Tal vez lo que los motiva intrínsecamente es el aprovechamiento de sus dones y lo que los motiva extrínsecamente es el cambio de su situación económica pues, como se observó en la encuesta socioeconómica, los estudiantes proceden en buena parte del interior del país, viven mayoritariamente en Lima Centro y Lima Norte y un porcentaje nada bajo estudia y trabaja. Además, claramente muestran tener habilidades matemáticas y lógico espaciales que incrementan notoriamente su autoconfianza y les hace desear naturalmente aprovechar tal don. De este modo, tanto el grupo de control como el experimental tenía esta motivación que se hizo evidente en los resultados al calificar los cursos dictados por igual. Al respecto, Fernández en IESALC (2007) indica que para los estudiantes la calidad se conceptúa como empleabilidad, mientras que para los académicos se refiere a saberes.

Por último, el hecho de no observarse diferencia significativa entre el grupo de control y el grupo experimental puede deberse a lo ya comentado: las funciones ejecutivas están en uso siempre, en todos los cursos, y es muy probable que todos los estudiantes valoren el uso de estas funciones más que otros aspectos y que por ello no se haya notado mayor diferencia entre el grupo que no recibió el programa y el grupo que sí lo recibió.

Kim et al. (2016) emplearon un cuestionario basado en el instrumento TALQ, es decir, una versión similar al instrumento utilizado en la presente investigación. Los investigadores solo se fijaron en los cinco principios para la instrucción de Merrill e incluyeron subpreguntas en cada ítem. Lo que se evaluó fueron las sesiones de laboratorio de un sistema de enseñanza de aula invertida. En cuanto a cuán útiles fueron los principios de Merrill, los estudiantes consideraron en primer lugar a la activación, seguida de la demostración, luego la integración, la aplicación y finalmente el aprendizaje centrado en problemas. Cabe señalar que se trataba de un curso de salud pública y que quizás por ello las preguntas acerca del aprendizaje centrado en problemas hayan parecido ambiguas y entonces este principio haya sido considerado menos útil por los estudiantes.

En el curso en el cual se aplicó el programa de enseñanza materia de la presente investigación, la solución de problemas auténticos sí fue primordial pues eso es lo que se hace en ingeniería: resolver problemas. Y en las clases sí se resolvieron problemas reales, en algunos casos el problema era hipotético pero los datos utilizados eran reales, lo calculado era real. Es por ello que, en el caso del grupo experimental, luego de haber recibido el programa de enseñanza basado en la neurociencia, este principio tuvo la segunda mejor valoración. Hmelo-Silver (2004) y Duch et al. (2006) indican que el aprendizaje basado en problemas requiere de problemas complejos de la vida real; y el aprendizaje complejo de Van Merriënboer et al. (2002) también sugiere la solución de problemas reales. Al respecto, Puebla (2012) indica que lo que debe buscarse en ciertas carreras como la medicina, es aplicar lo que se aprende a contextos relacionados con el futuro desempeño del profesional. Sin embargo, es

importante indicar que los problemas verdaderamente reales se resuelven en los cursos más avanzados; el curso de aplicación fue un curso de quinto ciclo de la carrera y permitió resolver solo problemas reales de cierto nivel. Entonces, la hipótesis específica: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la solución de problemas auténticos del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima fue rechazada porque las preguntas pudieron ser consideradas ambiguas por los estudiantes al no ser el curso un curso de especialidad.

El principio de activación fue el mejor valorado en el grupo experimental y luego de haber recibido el programa de enseñanza basado en la neurociencia, al igual que en el estudio de Kim et al. (2016), porque el estudiante valoraría el recurrir a sus conocimientos previos para construir el nuevo conocimiento sobre ellos. Experimentar un aprendizaje escalonado, donde los conocimientos de un curso más básico son de aplicación y utilidad, es valorado por los estudiantes. Para el aprendizaje significativo de Ausubel es importante que las estructuras preexistentes se nutran de la nueva información y que la nueva información se nutra de las experiencias pasadas (Subía y Gordón, 2014). Sin embargo, la hipótesis específica: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la activación: enlazar la pasada experiencia con lo que se aprende, del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima, fue rechazada porque los estudiantes ya desde el inicio de la carrera experimentarían ese principio, tanto el grupo de control como el grupo experimental. Los estudiantes vienen de cursar dos años de ciencias básicas en

los cuales el aprendizaje es definitivamente escalonado, se construye conocimiento nuevo sobre el existente, de modo que esto podría explicar por qué no se observó diferencia estadística significativa entre las pruebas poscontrol y posexperimental, como entre las pruebas preexperimental y posexperimental.

El principio de integración, en el cual el estudiante usa su nuevo conocimiento en su vida diaria, reflexiona, critica constructivamente a sus pares, discute y defiende su postura y propone optimizar la tarea, es entre las dimensiones evaluadas la que menor valoración tuvo. El aprendizaje centrado en el estudiante incluye construir conocimientos a partir de situaciones relacionadas con la vida diaria de los estudiantes (Henríquez y Álvarez, 2018). El aprendizaje basado en problemas considera importante que el estudiante practique habilidades comunicativas tanto verbales como escritas (Hmelo-Silver, 2004 y Duch et al., 2006). Sin embargo, la hipótesis específica: la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la integración: usar lo que aprendió en la vida real, del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima, fue rechazada debido posiblemente a que por limitaciones de tiempo el estudiante hace pocas exposiciones en las que demuestra y defiende sus aprendizajes.

Los principios de demostración y aplicación no fueron seleccionados como dimensiones de la variable calidad de los aprendizajes en la presente investigación porque dependían principalmente de la profesora y no tanto del programa de enseñanza basado en la neurociencia. En la demostración la profesora muestra cómo se resuelve un problema, lo cual es algo usual e independiente de que se use un programa de enseñanza basado en la

neurociencia; y en la aplicación, los estudiantes usan lo aprendido en la demostración; pero, requieren de una retroalimentación sostenida para realmente lograr tal principio y, por razones de tiempo, tal hecho no era factible. Esta es una imperfección en la enseñanza debido a la falta de tiempo para una comunicación más cercana entre el docente y el estudiante. El profesor no suele tener tiempo para ver al estudiante cometer errores y corregirlos, hay una distancia entre ambos. Es posible que esto suceda en este curso particular que incluye en su sílabo numerosos temas, o puede ser que sea una realidad a nivel universitario.

Los resultados complementarios permitieron observar que los estudiantes sí valoraron positivamente la solución de problemas auténticos y la activación en el caso del grupo que recibió el programa de enseñanza basado en la neurociencia, mientras que la integración recibió una valoración neutral. De modo que, aunque las hipótesis hayan sido rechazadas, el programa de enseñanza fue valorado positivamente por los estudiantes y corrobora lo observado por la profesora que dictó el curso.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se ha cumplido el primer objetivo de la presente investigación: determinar el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia en los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.

Por ello, se procede a cumplir el segundo objetivo general del presente estudio: proponer un plan de mejora al programa de enseñanza luego de evaluar su efecto sobre los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.

El Plan de Mejora valora el Programa de Enseñanza Basado en la Neurociencia inicialmente elaborado, no elimina ninguna de sus sesiones ni estrategias utilizadas; más bien, adiciona al programa algunas intervenciones adicionales y modifica la forma de evaluar algunas prácticas. Todo esto en vista de lo encontrado en la literatura, especialmente en los antecedentes recientemente hallados.

En primer lugar, se propone incluir un **Seminario neuroeducativo** (Betegón, 2017) en el cual se proporcione a los estudiantes los conocimientos más importantes, en lenguaje claro, acerca del cerebro y su funcionamiento, con énfasis en las funciones ejecutivas, la atención, la memoria, las emociones y la motivación. El conocer qué es lo que nos hace seres inteligentes es un aliciente para actuar como tales, aspirar a un aprendizaje consciente y educar la conducta. Asimismo, en este seminario se haría mención de las bondades de las estrategias neuroeducativas a emplear en el curso, como la toma de notas, el trabajo en equipo, el uso de TIC, el uso de metáforas, para que los estudiantes, al utilizarlas, sepan que son beneficiosas y pongan empeño en hacerlas. Este seminario sería dictado en una de las sesiones de seminario del curso, el cual tiene una duración de dos horas. En el caso del curso en el cual el programa fue aplicado, estos conocimientos son familiares a la profesora del curso; en el caso de réplica del programa en otro curso, el profesor debe ser capacitado para poder brindar tales conocimientos.

En segundo lugar, se propone **cambiar la forma de evaluación de los laboratorios didácticos**. Son tres los laboratorios didácticos del curso, y para su sustentación se recurrió a una evaluación que se consideró lúdica y fue del gusto de algunos de los estudiantes, pero no de todos. Lo que se plantea ahora



es que los estudiantes expongan oralmente su informe de laboratorio. El cambio no obedece al nivel de agrado de los estudiantes sino al hecho de encontrarse positiva la exposición oral de los estudiantes para mejorar sus habilidades comunicativas, para defender su postura, y porque según el cono de aprendizaje de Edgar Dale, después de dos semanas tendemos a recordar el 70 % de lo que decimos, lo cual es elevado si lo comparamos con recordar solo el 20 % de lo que oímos (Betegón, 2017). Según el principio de Integración de Merrill, es importante para el estudiante defender sus conocimientos, y justamente este principio fue el menos valorado entre los tres principios considerados en esta investigación. Asimismo, el alentar el uso de habilidades comunicativas es importante en el aprendizaje basado en problemas (Duch et al., 2006).

En tercer lugar, se propone **promover el uso de TIC**. Como indican Falconi et al. (2017), las estrategias metodológicas neurodidácticas usan, entre otros, tecnologías de la información y la comunicación. Si bien la tendencia a futuro es el mayor uso de TIC, su uso se limita por la capacidad del laboratorio de cómputo de la facultad, de modo que, además de un trabajo en equipo que desarrollaron en el centro de cómputo en el programa de enseñanza basado en la neurociencia elaborado, se propone que otro de los trabajos en equipo que se encargó en el curso y que desarrollaron en el aula, sea desarrollado en el centro de cómputo. El beneficio de hacer este tipo de trabajo es que según el cono del aprendizaje de Edgar Dale, después de dos semanas tendemos a recordar el 90 % de lo que decimos y hacemos (Betegón, 2017), lo cual es bastante alto y favorable. Además de ello, el uso de herramientas de cómputo permite encargar trabajos algo más complejos que representen un reto para los estudiantes (Aguilar, 2020).

Por último, se propone **brindar atención especial a las emociones**. Las emociones no fueron principales en el programa de enseñanza inicialmente elaborado y aplicado, se considera oportuno alertar acerca de su importancia a los profesores. Pero las emociones positivas no solo favorecen la memoria y el aprendizaje al fomentar la curiosidad y la motivación (Aguilar, 2020). En ese aspecto, sí fueron ampliamente consideradas en el programa de enseñanza elaborado. Lo que se propone luego de revisar la literatura es acercar al profesor y al estudiante, especialmente en las evaluaciones, que el profesor lo vea cometer errores y corrija, siendo así las evaluaciones oportunidades de aprendizaje y no un evento que produzca tensión. Según Falconi et al. (2017), las estrategias socioemocionales neurodidácticas fueron las más valoradas por los estudiantes en su estudio y estas incluyen, entre otras, la relajación y la retroalimentación. Cabe resaltar aquí que es perjudicial para el aprendizaje que el estudiante tenga miedo de cometer errores (emoción negativa), más bien el profesor puede alentar la expresividad y facilitar el potencial creativo de los estudiantes (Aguilar, 2020). Por otro lado, en el caso de los trabajos en equipo, el profesor puede brindar libertad para que sean estas experiencias de aprendizaje relajantes en las que existe la oportunidad de dialogar y aprender de sus compañeros.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presenta finalmente las conclusiones y recomendaciones de la investigación efectuada para esta tesis.

### 6.1 Conclusiones

1. La hipótesis general: “la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima” ha sido rechazada. Podría considerarse que la ausencia de una diferencia significativa entre el grupo experimental y el grupo de control, y entre el pretest y el postest podría deberse a que algunas de las estrategias neurocientíficas utilizadas no fueron de satisfacción de todos los estudiantes, se observó reticencias en algunos de ellos; asimismo, es probable que la principal motivación de los estudiantes sea el insertarse en el campo laboral y la motivación brindada en clase no haya sido del todo valorada; por otro lado, es posible que los estudiantes valoren más el uso de las funciones ejecutivas, es decir, que valoren más lo cognitivo, y en ambos grupos, experimental y control, se incentiva su práctica, y esto viene siendo así desde sus cursos previos.
2. La hipótesis específica: “la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la solución de problemas auténticos del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima” fue rechazada y se considera que esto podría deberse a que los estudiantes

no consideraron que los problemas resueltos eran precisamente auténticos al no ser el curso un curso de especialidad.

3. La hipótesis específica: “la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la activación: enlazar la pasada experiencia con lo que se aprende, del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima” fue rechazada y se considera que esto podría deberse a que los estudiantes ya desde el inicio de la carrera experimentan ese principio, tanto el grupo de control como el grupo experimental. Los estudiantes vienen de cursar dos años de ciencias básicas en los cuales el aprendizaje es definitivamente escalonado, se construye conocimiento nuevo sobre el existente, por lo que no fue considerado nuevo por los estudiantes.
4. La hipótesis específica: “la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia mejora significativamente la integración: usar lo que aprendió en la vida real, del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima” fue rechazada y esto podría deberse a que, aunque el estudiante logra aplicar sus nuevos conocimientos en su vida diaria, este no tiene numerosas oportunidades de demostrar y defender sus aprendizajes públicamente a lo largo de las clases.
5. Para el segundo objetivo general: proponer un plan de mejora al programa de enseñanza luego de evaluar su efecto sobre los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima, este contempla: incluir un Seminario

neuroeducativo, cambiar la forma de evaluación de los laboratorios didácticos, promover el uso de TIC y brindar atención especial a las emociones.

## **6.2 Recomendaciones**

1. Aunque la hipótesis general y sus correspondientes hipótesis específicas fueron rechazadas, se recomienda la difusión de las estrategias neurocientíficas para ser utilizadas según el perfil del estudiante de la carrera en la que se aplicarían.
2. Integrar la neurociencia y la educación, tender un puente entre ambas disciplinas a fin de que se favorezcan entre sí. Hacer llegar las interrogantes de los profesores que pueden ser analizadas por los neurocientíficos.
3. Aplicar el Plan de Mejora propuesto en esta investigación para complementar el programa de enseñanza inicialmente elaborado.
4. Aplicar el programa de enseñanza basado en la neurociencia elaborado, considerando el Plan de Mejora propuesto, en otros cursos de ciencias e ingeniería para evaluar en cada caso si se observa un efecto sobre la calidad de los aprendizajes. Considerar que un programa de enseñanza debe ser flexible según las condiciones que se encuentren en el dictado.

## REFERENCIAS

Aguilar, S. (2020). La neuroeducación y el aprendizaje. *Polo del conocimiento*, 5 (9), 558-578.

Alonso, M. (2017). *¡Tómate un respiro!* España: Espasa Libros, S. L. U.

Andorfer, G., McCain, R. y Malone, A. (1980). *Cosmos: un viaje personal*. Estados Unidos: Public Broadcasting Service.

Betegón, E. (2017). *Neuroeducación, ansiedad y atención en alumnos de educación primaria* (trabajo de fin de máster). Universidad de Valladolid, España.

Calvo, X. y Méndez-Estrada, V. (2011). La mediación pedagógica de un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante. Implicaciones en la unidad didáctica impresa, estudiante y profesor, en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. *Revista Espiga*, 22, 59-76.

Carrasco, M. y Garcia, G. (2018). *La gestión institucional y la calidad del aprendizaje de los estudiantes de educación primaria de la institución educativa "Cayetano Heredia Sánchez" del distrito de San Juan de Lurigancho-Lima 2014* (tesis de maestría). Universidad César Vallejo, Perú.

Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO). (2012). *Innovar la enseñanza. Estrategias derivadas de la investigación*. Recuperado de <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/fce-unisalle/20170117031111/Innovarens.pdf>

Dambrin, C. y Löning, H. (2008). Systèmes de contrôle interactifs et théories de l'apprentissage: une relecture des travaux de R. Simons à l'aune des théories piagetienes. *Comptabilité Contrôle Audit*, 14, 113-140.

De la Barrera, M. y Donolo, D. (2009) Neurociencias y su importancia en contextos de aprendizaje. *Revista Digital Universitaria*, 10 (4), 1-18.

Duch, B., Groh, S. y Allen, D. (2006). *El Poder del Aprendizaje Basado en Problemas*. Perú: Fondo Editorial PUCP.

Echavarría, L. (2013). El proceso de la atención: una mirada desde la neuropsicología. *Instituto psicopedagógico EOS Perú*, 1(1), 15-18.

Estupiñan, J. y De Mora, K. (2017). La influencia de la programación neurolingüística en estudiantes universitarios en la República de Ecuador. *Luz*, 16 (1), 104-113.

Falconi, A., Alajo, A., Cueva, M., Mendoza, R., Ramírez S. y Palma, E. (2017). Las neurociencias. Una visión de su aplicación en la educación. *Revista Órbita Pedagógica*, 4 (1), 61-74.

Felipa-Andrade, R. (2020). La tarea integrada: una forma de aprender desde la mirada del uso de wikis colaborativas. *Acta Herediana*, 63(2), 175-183.

Flores, J., Castillo, R. y Jiménez, N. (2014). Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de psicología*, 30 (2), 463-473.

Frick, T., Chadha, R., Watson, C. y Zlatkovska, E. (2010). Improving course evaluations to improve instruction and complex learning in higher education. *Educational Tech Research Dev*, 58, 115-136.

González, A., Rodríguez, A. y Hernández, D. (2011). El concepto zona de desarrollo próximo y su manifestación en la educación médica superior cubana. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 25 (4), 531-539.

Gracia-Bafalluy, M. y Escolano-Pérez, E. (2014). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas. *Revista de Neurología*, 58, 69-76.

Henríquez, P. y Álvarez, M. (2018). Promoción de estrategias de aprendizaje desde el accionar docente: percepciones a nivel universitario. *Actualidades Investigativas en Educación*, 18 (3), 1-20.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.

Hmelo-Silver, C. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review* 16, 235–266.

Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y El Caribe (IESALC). (2007). *Informe sobre la Educación Superior en América Latina y el Caribe 2000 – 2005 La Metamorfosis de la Educación Superior*. Recuperado de <https://www.sela.org/es/centro-de-documentacion/base-de-datos-documental/bdd/30934/>

Kim, M., Jung, E., de Siqueira, A. y Huber, L. (2016). An Investigation into Effective Pedagogies in a Flipped Classroom: A Case Study. *International Journal of E-Learning & Distance Education*, 32 (2), 1-15.

León, A., Risco, E. y Alarcón, C. (2014). Estrategias de aprendizaje en educación superior en un modelo curricular por competencias. *Revista de la Educación Superior*, 43 (4), 123-144.

Martin-Romera, A., Molina, E. (2017). Valor del conocimiento pedagógico para la docencia en Educación Secundaria: diseño y validación de un cuestionario. *Estudios Pedagógicos*, 43(2), 195-220.

Medina, A. (2000). El Legado de Piaget. *Educere*, 3 (9), 11-15.

Merrill, M. (2007). *First Principles of Instruction: A synthesis*. Estados Unidos: Utah State University.

Mesurado, B. (2008). Explicaciones psicológicas sobre la motivación y el sustrato neurobiológico que posibilita la misma. *Psicología y psicopedagogía*, 19, 1-14.

Moreno, M. (2008). El estudiante ante la diversidad de situaciones en la era digital. *Apertura*, 8 (8), 7-19.

National Research Council. (2009). *Opportunities in neuroscience for future army applications*. Recuperado de <https://www.nap.edu/catalog/12500/opportunities-in-neuroscience-for-future-army-applications>

Oviedo, H. y Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34 (4), 572-580.

Parrat-Dayán, S. (2012). Esencia y trascendencia de la obra de Jean Piaget (1896 – 1980). *Persona*, 15, 213-224.

Paz, I. C., Acosta, M., Bustamante, R., Paz, S. C. (2019). Neurociencia vs. neurodidáctica en la evolución académica en la educación superior. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 10 (1), 207-228

Portellano, J. (2011). *Introducción a la neuropsicología*. España: McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U.

Portellano, J. y García, J. (2014). *Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria*. España: Editorial Síntesis, S. A.

Pozo, J. (1994). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. España: Ediciones Morata S. L.

Puebla, R. (2012). Neurociencias de la Educación para la Educación Superior en Ciencias de la Salud. *Revista de Docencia Universitaria*. 10 (número especial dedicado a la Docencia en Ciencias de la Salud), 277-292.

Redolar, D. (Ed.). (2014). *Neurociencia cognitiva*. España: Editorial Médica Panamericana, S. A.

Robles, B. (2018). Índice de validez de contenido: coeficiente V de Aiken. *Pueblo Continente*, 29 (1), 193-197.

Romero Ch., J., Romero P., R. y Barboza, L. (2021). Programa instruccional basado en la neurociencia para mejorar el aprendizaje en los estudiantes universitarios. *Revista San Gregorio*, 1(46), 16-29.



Romero, M. (2013). Contraste de Hipótesis Comparación de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba U de Mann-Whitney. *Enfermería del trabajo*, 3, 77-84.

Salas, R. (2003). ¿La educación necesita realmente de la neurociencia? *Estudios pedagógicos*, 29, 155-171.

Salazar, C., Peña, C. y Medina, R. (Ed.). (2018). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje para la docencia universitaria. Experiencias desde el aula*. México: Universidad de Colima.

Sánchez, H. y Reyes, C. (2015). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Perú: Business Support Aneth SRL.

Schunk, D. (2012). *Teorías del aprendizaje. Una perspectiva educativa*. México: Pearson Educación.

Smith, E. y Kosslyn, S. (2008). *Procesos cognitivos: modelos y bases neurales*. España: Pearson Educación S. A.

Subía, A. y Gordón, J. (2014). Esbozo crítico sobre las estructuras cognitivas: génesis del pensamiento científico. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, 16, 71-82.

Tacca H., D., Tacca H., A. y Alva, M. (2019). Estrategias neurodidácticas, satisfacción y rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 10(2), 15-32.

Valencia, Y. (2017). *Funciones ejecutivas, procrastinación académica y rendimiento académico en estudiantes de secundaria* (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

Valerio, G., Jaramillo, J., Caraza, R. y Rodríguez, R. (2016). Principios de la Neurociencia aplicados en la Educación Universitaria. *Formación Universitaria*, 9 (4), 75-81.

Van der Kolk, B. (2014). *El cuerpo lleva la cuenta*. España: Editorial Eleftheria S. L.

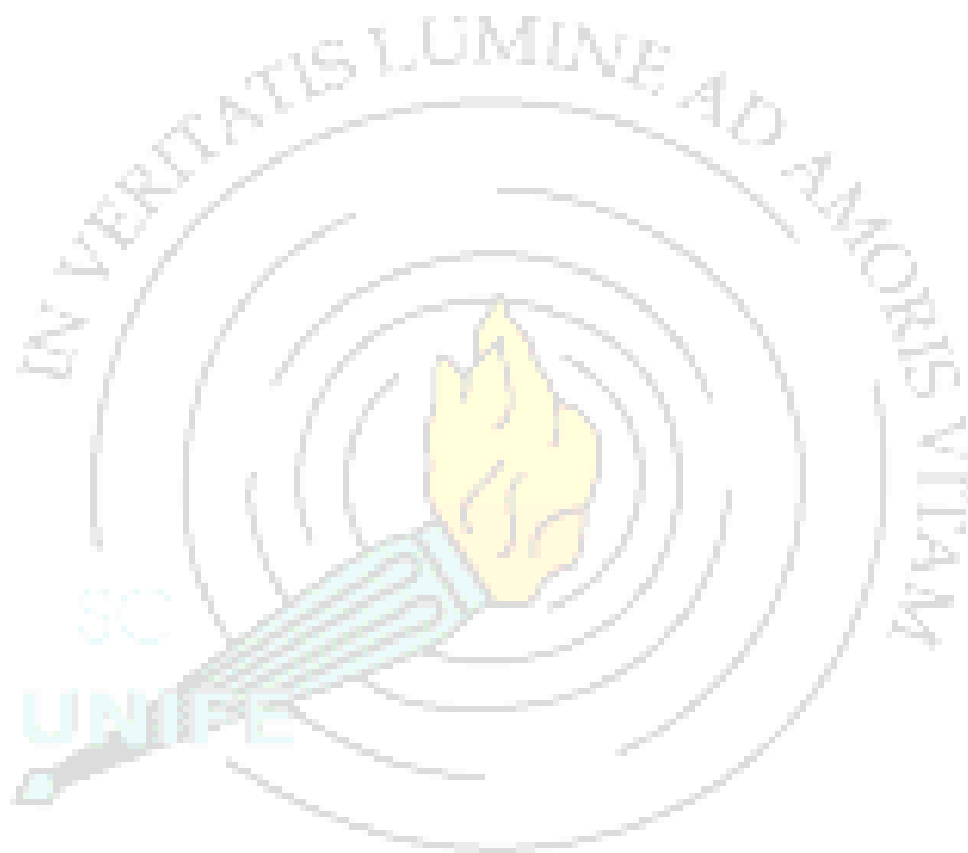
Van Merriënboer, J. Clark, R. y de Croock, M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development*, 50 (2), 39-64.

Vielma, E. y Salas, M. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner. Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo. *Educere*, 3 (9), 30-37.

Viera, T. (2003). El aprendizaje verbal significativo de Ausubel. Algunas consideraciones desde el enfoque histórico cultural. *Universidades*, 26, 37-43.

Villanueva, F. (2018). *Propuesta de Neurociencia para Mejorar el Aprendizaje en la Universidad Peruana de Las Américas* (trabajo de investigación). Universidad Peruana Las Américas, Perú.

Zull, J. E. (2002). *The art of changing the brain. Enriching the practice of teaching by exploring the biology of learning*. Estados Unidos: Stylus Publishing, LLC.



## APÉNDICE A

### PROGRAMA DE ENSEÑANZA BASADO EN LA NEUROCIENCIA

#### 1. **Título: Neuroeducación en ingeniería**

#### 2. **Fundamentación**

Una serie de investigaciones principalmente descriptivas reconocen que con lo descubierto acerca de la neurociencia y de cómo funciona el cerebro, indiscutiblemente ello tendría un impacto en la educación (Zull, 2002; de la Barrera y Donolo, 2009; Puebla, 2012; Falconi, Alajo, Cueva, Mendoza, Ramírez y Palma, 2017; Paz, I., Acosta, Bustamante y Paz, S., 2019). Si se conoce cómo el cerebro aprende, y este conocimiento es usado por los profesores en sus clases, ello tendría que tener un efecto sobre los aprendizajes. Asimismo, a nivel empírico, se ha logrado corroborar este razonamiento, aunque se ha estudiado el efecto del uso de algunas estrategias neurocientíficas sobre ciertos factores puntuales como la atención, la motivación, la satisfacción, el rendimiento académico y, en un caso no disponible aún al elaborar el programa de enseñanza para esta investigación, el aprendizaje (Valerio et al., 2016; Valencia, 2017; Betegón, 2017; Tacca, D. et al., 2019 y Romero, J. et al., 2021). Las investigaciones halladas, que no abundan, corresponden al nivel de educación Secundaria y Superior. Ninguna de las investigaciones fue aplicada a nivel universitario en estudiantes de ingeniería. Al revisar la literatura, se ha hallado que se dispone de los conocimientos para elaborar un programa de enseñanza que abarque más estrategias neurocientíficas (Redolar, 2014, Portellano y García, 2014 y Zull, 2002), lo cual se consideró sería un aporte para la educación Superior, y se eligió observar su efecto en el aprendizaje de estudiantes de ingeniería, a fin de lograr los objetivos de la investigación. Se diseñó entonces

un programa de enseñanza basado en la neurociencia llamado Neuroeducación en Ingeniería, el cual ha sido perfilado a fin de activar las siguientes funciones mentales: funciones ejecutivas, atención, memoria, emociones y motivación, las cuales vienen a ser las dimensiones de la variable considerada independiente: el programa de enseñanza basado en la neurociencia. El programa fue entonces estructurado según tales dimensiones.

Es notable conocer acerca del uso de las funciones ejecutivas: poder dirigir la atención para conseguir una meta, simular posibilidades de acción, planificar acciones, tener flexibilidad para cambiar de rumbo si se presenta un obstáculo; se considera que alentar su uso en el aula es imprescindible. En esta investigación se prestó atención a la toma de decisiones, el razonamiento y la resolución de problemas, procesos en los que se hace uso de las funciones ejecutivas y que son requeridos en los estudiantes universitarios de todas las carreras.

La atención, la cual puede y debe ser manipulada, trabajada, alentada, nos insta a hacer de conocimiento de los estudiantes este hecho y a usar herramientas educativas que maximicen el porcentaje de tiempo que un estudiante puede prestar atención durante una clase.

El uso de la memoria de trabajo en todo momento y el objetivo de lograr un almacenamiento de memoria a largo plazo amplio, un aprendizaje para toda la vida, también es importante para esta investigación: el refuerzo del contenido, la reiteración durante las clases, la práctica al incentivar la solución de problemas, son esenciales.

El aspecto en el que menos se puede trabajar ampliamente durante las clases es en el de las emociones, el cual es un campo complejo, igualmente atendido, pero no en forma particular.

Por último, la motivación, saber qué motiva a los estudiantes y hacer uso de ello en las clases, observar su efecto en los estudiantes, es también un aliciente para el profesor, quien selecciona con cuidado los hechos que motivan y hacen que el estudiante sea constante y que esté dispuesto a persistir en su aprendizaje a pesar de los desafíos.

Considerando estas funciones mentales es que se ha elaborado el programa de enseñanza basado en la neurociencia Neuroeducación en ingeniería.

### **3. Objetivo general**

Crear una enseñanza basada en la neurociencia que potencie el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.

#### **3.1 Objetivos específicos**

- Aplicar estructuradamente estrategias de aprendizaje que propicien el uso de funciones ejecutivas.
- Aplicar estructuradamente estrategias de aprendizaje que propicien la atención.
- Aplicar estructuradamente estrategias de aprendizaje que propicien la memoria a largo plazo.
- Aplicar estructuradamente estrategias de aprendizaje que propicien la motivación.

- Aplicar estructuradamente estrategias de aprendizaje que propicien la práctica.
- Aplicar estructuradamente estrategias de aprendizaje que propicien una atmósfera positiva.
- Aplicar estructuradamente estrategias de aprendizaje que propicien el uso de habilidades no exploradas.

#### **4. Metodología**

Se presenta a continuación las técnicas a utilizar en el programa de enseñanza elaborado clasificándolas según el objetivo y haciendo hincapié en algunas técnicas:

##### **a) Propiciar el uso de funciones ejecutivas**

La toma de decisiones, el razonamiento y la solución de problemas son parte neural de este programa de enseñanza. La profesora y los estudiantes están constantemente resolviendo problemas, a veces simples, a veces complejos, a veces abstractos, a veces concretos. La profesora propone el problema y plantea o consulta cómo podría ser resuelto. Los estudiantes observan e intervienen. La profesora alienta a que los estudiantes piensen, simulen, decidan y resuelvan.

Asimismo, al inicio de la mayoría de las clases, se plantea un caso que crea conflicto cognitivo, se les pregunta cómo creen que sería, qué pasaría. Algunos estudiantes indican su parecer, se observan posiciones divididas, luego se pasa un video de corta duración en el que observan si estuvieron en lo correcto o no. Esto no debe tomar muchos minutos.

b) Propiciar la atención

En algunas de las clases se presentan casos, noticias, en las que los estudiantes observan la importancia del tema a tratar y cómo pueden comprender la noticia gracias a los conocimientos que adquirirán. Esto le da relevancia al tema de la clase, puede ser una novedad para la mayoría, y enfatiza algunos aspectos clave. De otro lado, la solución de problemas pone en movimiento sus mentes. Todo esto, como se indicó anteriormente, favorece la atención voluntaria de los estudiantes hacia el tema a tratar.

c) Propiciar la memoria a largo plazo

En algunas clases se les solicita tomar notas, en forma estructurada, de un video o lectura presentados en pantalla. Esto favorece la organización y su práctica. Estos apuntes son evaluados posteriormente por la profesora. En todas las clases se hacen preguntas iniciales para recoger saberes previos y hacerles recordar, pues algunos saberes ya los tienen, pero no los recuerdan. En todas las clases se repiten ciertos saberes sencillos que deben ir quedando en sus memorias a largo plazo. A veces las preguntas se vuelven a hacer para asegurar que están recordando y para que se den cuenta de que son temas importantes que se usarán en clases posteriores. En algunos temas se da la oportunidad de reforzar lo aprendido mediante un video de corta duración, produciendo un aprendizaje significativo.

d) Propiciar la motivación

Los videos, noticias, lecturas son sobre temas que en el futuro serán capaces de diseñar y/o construir como ingenieros. Es una forma de motivarlos a que el curso, aunque es de quinto ciclo, les brinda las bases para lo que harán en el futuro. Los problemas que se resuelven son una abstracción de lo real, en

la mayoría de casos, y gracias a estas ayudas audiovisuales saben qué es lo real. La motivación incrementa el interés del estudiante en el aprendizaje del curso, favorece su autonomía, se percata de lo que es capaz, propicia que invierta tiempo para su aprendizaje, propicia la investigación.

e) Propiciar la práctica

Los estudiantes son evaluados varias veces durante el ciclo: además de seis pruebas escritas, tres laboratorios, un laboratorio de aplicación de lo aprendido a la vida real y dos exámenes escritos, durante el ciclo se encargan: control de lectura, toma de notas, experimentación en clase, aplicación de lo aprendido en clase utilizando sus conocimientos previos, investigación, en algunos casos alentando el trabajo en equipo y aplicando la coevaluación. Las pruebas escritas consisten principalmente en la solución de problemas. La experimentación en laboratorios es una forma de producir movimiento al observar un fenómeno, hacer mediciones, modificar variables, cotejar datos, hacer cálculos, verificar la coincidencia entre lo experimentado y la teoría, investigar e inferir conclusiones. La experimentación en clase es una forma de trabajar en equipo, obtener resultados para toda la clase (cada grupo depende del trabajo del otro), verificar por qué en determinado caso no se produce lo esperado, la responsabilidad de dejar todo limpio y trabajar con cuidado, aplicar lo aprendido y obtener un resultado interesante.

En las evaluaciones es importante no presionar demasiado a los estudiantes, pero tampoco dejar de presionar. Según la curva de Yerkes-Dodson, el nivel de rendimiento de las personas se incrementa con el nivel de presión, mientras esta sea positiva, que aliente la productividad; pero, empieza a declinar cuando el nivel de presión es excesivo.



f) Propiciar una atmósfera positiva

En las clases se trata de brindar al estudiante un clima de clase en el que se sienta emocionalmente seguro, se alienta una actitud positiva en los estudiantes, se fomenta que el estudiante se sienta en libertad de hacer uso de su propia metodología, se diseñan las clases con exhibiciones visuales que muestren el interés de la profesora por hacer una buena clase para el estudiante.

g) Propiciar el uso de habilidades no exploradas

En las primeras clases, al final de la clase la profesora hace preguntas para observar si los estudiantes han comprendido el tema. Es una forma de resumir los puntos más importantes. A partir de cierta clase, se le pide a un estudiante que haga un resumen de la clase. Por último, a partir de cierta clase, se le pide a un estudiante hacer una metáfora con algún conocimiento adquirido ese día en clase.

## 5. Estructura

El curso Mecánica de fluidos I consta de gran número de sesiones pues el sílabo del curso es extenso. Son 41 sesiones incluidas las clases teóricas, clases prácticas y evaluaciones.

### Sesiones:

N° Sesión	Competencia	Actividad	Materiales
1 Introducción	Reconoce la importancia del curso en su carrera profesional. Comprende qué temas abarcará el curso. Aprende qué es un fluido. Distingue sólido de fluido y líquido de gas. Se enfatiza que la mecánica de fluidos ha avanzado de la mano de la experimentación. Recuerda, memoriza	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li><li>• Se presentan casos reales en los que se aplicarían los conocimientos a adquirir en el curso.</li><li>• Se motiva a los estudiantes a fin de que se percaten de lo que serán capaces de hacer.</li><li>• Se muestra video de corta duración sobre Qué es un fluido,</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diapositivas</li><li>• Pizarra</li><li>• Hoja de papel y lapicero para tomar notas del video, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li><li>• Lectura en pdf.</li></ul>

	y aplica conversiones de unidades en problemas de la vida cotidiana y de un fluido común como el agua.	<p>respecto del cual tomarán notas en forma estructurada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se resuelven problemas sencillos.</li> <li>• Se enlaza la pasada experiencia con lo que se aprende.</li> <li>• Se encarga lectura acerca de la experimentación</li> </ul>	
2 Seminario	Seminario a cargo del Jefe de Prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se resuelven problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarra</li> </ul>
3 Propiedades de los fluidos (primera parte)	Profundiza acerca de propiedades de los fluidos (densidad, peso específico, volumen específico, densidad relativa, viscosidad), algunas de las cuales ya conoce o ha oído hablar. Se presenta la ley de viscosidad de Newton, fluidos newtonianos y no newtonianos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> <li>• Se presenta noticia de un problema surgido en una obra civil en el que se evidencia la importancia y aplicación del tema a estudiar.</li> <li>• Se muestra video de corta duración que define El continuo, respecto del cual tomarán notas en forma estructurada.</li> <li>• Se muestran dos videos de corta duración con curiosidades acerca de los temas tratados que además de motivar al estudiante le permiten observar una experimentación.</li> <li>• Observa la importancia de los valores de las propiedades de los fluidos en casos reales.</li> <li>• Se resuelven problemas abstractos.</li> <li>• Se aplica conversiones de unidades en los problemas (repetición con incremento de la dificultad).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hoja de papel y lapicero para tomar notas del video, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> </ul>
4 Experimentación en aula	Experimentación y trabajo en equipo. Determinan la viscosidad de la miel midiendo la velocidad de caída de una esfera y utilizando la ley de Stokes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se organiza a los estudiantes en grupos y trabajan en equipo y coordinadamente, haciendo mediciones y cálculos. Cada grupo tiene una función en particular, enlazada con lo que los otros grupos requieren.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un litro de miel</li> <li>• Una probeta mediana y otra pequeña</li> <li>• Una balanza</li> <li>• Un vernier</li> <li>• Una canica y una pelota de yax.</li> </ul>

		Finalmente, el trabajo de cada equipo contribuye a obtener un resultado final: la viscosidad de la miel a la temperatura de ensayo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calculadora</li> <li>• Pinza</li> </ul>
5 Seminario	Seminario a cargo del Jefe de Prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se resuelven problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarra</li> </ul>
6 Propiedades de los fluidos (segunda parte)	<p>Profundiza acerca de propiedades adicionales de los fluidos (compresibilidad, tensión superficial, presión de vapor), algunas de las cuales ya conoce o ha oído hablar. Se presenta a la atmósfera estándar. Conoce otra forma de expresar la ecuación de estado de los gases ideales. Recuerda la primera ley de la termodinámica y conoce algunas propiedades de los gases. Se presenta una forma de hallar la velocidad del sonido a través de un líquido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> <li>• Se hace la pregunta: ¿Por qué a los aviones les cuesta más despegar en verano? Se dialoga y se muestra el artículo de tal noticia donde se explica las razones, mostrando la importancia y aplicación de dos de los temas que se están estudiando.</li> <li>• Se presenta imagen de problema real que puede presentarse en ingeniería relacionada con la compresibilidad de los líquidos.</li> <li>• Se muestra tres videos de corta duración con explicación de curiosidades acerca de algunos de los temas tratados y que a la vez motivan al estudiante.</li> <li>• Se calcula la velocidad del sonido en el agua y se compara con la que se produce en el aire. Se evalúa la importancia de la diferencia.</li> <li>• Se resuelve problemas reales, como calcular el grosor de un clip que puede quedar suspendido en la superficie del agua.</li> <li>• Se aplica conversiones de unidades en los problemas (repetición con incremento de la dificultad).</li> <li>• Se muestra video en el cual pueden observar el fenómeno de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hoja de papel con preguntas para contestar, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> </ul>

		<p>cavitación, relacionado con la presión de vapor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de lectura.</li> </ul>	
7 Práctica de aula	Práctica de aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes resuelven problemas.</li> </ul>	
8 Estática de fluidos: presión	<p>Profundiza acerca de la estática de fluidos. Se define presión, se demuestran algunos aspectos básicos acerca de la presión. Se deduce cómo varía la presión en un fluido en reposo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> <li>• Se presenta texto acerca de una presa (uso, aspectos negativos, realidad mundial). Es una obra civil en la que se aplicaría el tema a tratar y los estudiantes toman notas en forma estructurada. El objetivo es que ya empiece a tener conocimientos generales acerca de algunas obras hidráulicas, lo que verá con detalle en cursos posteriores.</li> <li>• Se calcula la presión en la atmósfera estándar (particularmente la troposfera) a una determinada altitud. Es un cálculo real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hoja de papel y lapicero para tomar notas del texto, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> </ul>
9 Medidores de presión	<p>Conoce medidores de presión (barómetro, piezómetro, manómetro simple, manómetro diferencial, manómetro de Bourdon). Diferencia presión manométrica de presión absoluta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> <li>• Se presenta video con accidente producido en una presa debido a la alta presión.</li> <li>• Se hacen cálculos de presión según imágenes presentadas, utilizando conversión de unidades y afianzando conceptos.</li> <li>• Se resuelven pequeños problemas.</li> <li>• Aplicación de la teoría a la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
10 Seminario	Seminario a cargo del Jefe de Prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se resuelven problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarra</li> </ul>
11 Fuerzas sobre superficies planas	<p>Se deducen expresiones para hallar la fuerza que ejerce un fluido sobre una superficie plana (magnitud y punto de acción).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución de problemas reales.</li> <li>• Aplicación de la teoría a la práctica.</li> <li>• Se usa lo que el estudiante aprendió en la vida real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase principalmente demostrativa por parte del docente.</li> </ul>	
12 Fuerzas sobre superficies curvas	Se deducen expresiones para hallar las componentes de la fuerza que ejerce un fluido sobre una superficie curva (magnitud y punto de acción).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución de problemas reales.</li> <li>• Aplicación de la teoría a la práctica.</li> <li>• Usa lo que aprendió en la vida real.</li> <li>• Clase principalmente demostrativa por parte del docente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
13 Práctica de aula	Práctica de aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes resuelven problemas.</li> </ul>	
14 Empuje y estabilidad	Se deduce, con los conocimientos recién adquiridos, cuál sería la fuerza de flotación o empuje sobre un cuerpo sumergido o flotante. Se analiza la estabilidad de los cuerpos sumergidos y flotantes, según la posición relativa del centro de gravedad, el centro de empuje y el metacentro (si fuese el caso). Se presenta el hidrómetro (caso de instrumento estable).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> <li>• Se presenta noticia de buque que volcó por inestabilidad. Consecuencias y complicaciones.</li> <li>• Se presenta video de cómo un submarino se sumerge y emerge.</li> <li>• Se resuelven problemas abstractos.</li> <li>• Se calculan las marcas de un hidrómetro (cómo confeccionarlo).</li> <li>• Preguntas finales para afianzar conceptos y verificar si la clase ha sido comprendida.</li> <li>• Se pregunta: ¿Cuál es la gran conclusión de la clase? Luego de dialogar, se muestra artículo donde se proporcionan recomendaciones de seguridad para el viaje en botes que han sido deducidos a partir de tal conclusión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
15 Equilibrio relativo	Conoce el tema: equilibrio relativo. Se analiza los casos: recipientes linealmente acelerados y recipientes rotatorios. Se deduce expresiones para hallar la variación de la presión en estos recipientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> <li>• Se presenta video que muestra cómo se forman curvas en los ríos y que contesta una de las preguntas formuladas.</li> <li>• Se resuelven problemas abstractos.</li> <li>• Se afianza la comprensión de por qué se forman curvas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hojas de papel con dibujos que los estudiantes completarán.</li> </ul>

		en los ríos aplicando lo aprendido para recipientes rotatorios.	
16 Seminario	Seminario a cargo del Jefe de Prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se resuelven problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarra</li> </ul>
17 Introducción a los fluidos en movimiento	Conoce el tema: introducción a los fluidos en movimiento. Se presentan algunos campos de flujo. Se diferencia el enfoque Lagrangiano del Euleriano, estableciendo que en el curso se trabaja con el enfoque Euleriano. Se define flujo permanente, línea de trayectoria, traza y línea de corriente. En este último caso se deducen ecuaciones que permiten dibujarlas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> <li>• Se presenta video que explica claramente la diferencia entre los enfoques lagrangiano y euleriano. Los estudiantes toman notas en forma estructurada.</li> <li>• Trabajo en equipo. En grupos, se les entrega ecuaciones sencillas de velocidad a fin de que grafiquen las líneas de corriente (campo de flujo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hoja de papel y lapicero para tomar notas del video, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> <li>• Hoja milimetrada para que tracen el campo de flujo solicitado, la cual entregarán al profesor para ser evaluada.</li> </ul>
18 Flujo potencial o irrotacional	Conoce el tema: flujo potencial o Irrotacional. Conoce la expresión para determinar la velocidad en un flujo potencial. Conoce la función potencial y la función de corriente. Se deducen ecuaciones para calcular la velocidad angular y vorticidad en un campo de flujo. Se demuestra la forma equivalente vectorial de la vorticidad y que en un flujo potencial la vorticidad es cero. Se presenta la ecuación de continuidad en forma diferencial y se deriva la ecuación de Laplace para flujos potenciales. Conoce las líneas de corriente y las líneas equipotenciales. Se deducen expresiones para la aceleración y la razón de deformación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> <li>• Clase principalmente demostrativa por parte del docente.</li> <li>• Problema real: socavación en un pilar de puente. Se analiza el flujo tridimensional y hasta qué punto un modelo bidimensional lo representa, a manera introductoria.</li> <li>• Preguntas finales para afianzar conceptos y verificar si la clase ha sido comprendida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>

19 Práctica de aula	Práctica de aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes resuelven problemas.</li> </ul>	
20 Clasificación de flujos (primera parte)	Trabajo en equipo: investiga acerca del flujo asignado a su grupo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>En aula de cómputo y trabajando en equipo, elaboran diapositivas con el/los flujo(s) asignado(s) a cada grupo: flujo tridimensional, flujo bidimensional, flujo unidimensional, flujo no viscoso, flujo viscoso, flujo laminar, flujo turbulento, flujo incompresible y compresible. Utilizan figuras, videos y conceptos.</li> </ul>	Computadora. Diapositivas a completar por cada grupo.
21 Examen parcial	EXAMEN PARCIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes resuelven problemas.</li> </ul>	
22 Clasificación de flujos (segunda parte)	Conoce cómo se clasifican los flujos: flujo tridimensional, flujo bidimensional, flujo unidimensional, flujo no viscoso, flujo viscoso, flujo laminar, flujo turbulento, flujo incompresible y flujo compresible. Particularidades. Diferencias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clase principalmente demostrativa por parte del docente.</li> <li>Coevaluación: se presenta las diapositivas realizadas por los estudiantes en la clase anterior y, en equipos, evalúan el trabajo de los demás equipos.</li> <li>Se aclaran dudas, se corrige lo que estuviera errado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> <li>Hojas de papel (una por grupo) con escalas del 1 al 5 para que evalúen a los demás equipos.</li> </ul>
23 Ecuación de Bernoulli	Recuerda la ecuación de Bernoulli deduciéndola con los conocimientos que ha adquirido en clases previas e identificando para qué casos específicos se utiliza. Identifica y caracteriza un punto de estancamiento. Usa la ecuación de Bernoulli en un medidor de velocidad (tubo de Pitot).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> <li>Se presenta video sobre colisión de buques por efecto Bernoulli.</li> <li>Al usar la ecuación de Bernoulli en un tubo de Pitot, se recurre a conocimientos previos acerca de los medidores de presión (enlaza la pasada experiencia con lo que se aprende).</li> <li>Se resuelven problemas abstractos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> </ul>
24 Sustentación de laboratorio	Sustentación de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con diapositivas preparadas en las cuales aparecen fotografías de situaciones observadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> </ul>

		<p>en laboratorio y preguntas, cada estudiante responde o explica lo solicitado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de responder bien obtiene tres puntos adicionales sobre el informe y en caso de responder mal se le restarían tres puntos al informe.</li> <li>• Tienen varias oportunidades de contestar, pues el número de preguntas es superior al triple del número de estudiantes.</li> <li>• Resulta ser una sustentación dinámica y en cierto modo lúdica.</li> <li>• Algunos estudiantes logran obtener cuatro puntos adicionales.</li> </ul>	
25 Superposición de flujos	<p>Conoce el tema: superposición de flujos. Conoce los cuatro flujos simples que satisfacen la ecuación de Laplace. Conoce algunas superposiciones de flujos conocidas, como el medio cuerpo, el óvalo de Rankine y el flujo alrededor de un cilindro circular. Se hace hincapié en las diferencias con el caso real analizando (recordando) las causas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para recordar lo aprendido acerca de flujo potencial o irrotacional y la confección de campos de flujo.</li> <li>• Pregunta: ¿En qué lugar alrededor de un automóvil la velocidad es máxima al este viajar a cierta velocidad? Luego de dialogar se presenta video de campos de flujo modelados alrededor de automóviles, edificios, aves.</li> <li>• Los estudiantes completan dibujos proporcionados esquematizando los cuatro flujos simples presentados.</li> <li>• Se resuelven problemas de modelamiento de flujos que verifican lo observado en el video.</li> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que haga un resumen del tema tratado en clase para identificar errores y corregir o aclarar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hojas de papel con dibujos que los estudiantes completarán.</li> </ul>



26 Práctica de aula	Práctica de aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes resuelven problemas.</li> </ul>	
27 Dinámica de fluidos (parte 1)	<p>Empieza a conocer los temas relacionados con la dinámica de fluidos, los problemas de ingeniería que pueden resolverse con las tres ecuaciones básicas que se aprenderán en esta parte del curso. Diferencia sistema (descripción lagrangiana) de volumen de control (descripción euleriana). Deduce qué propiedades son extensivas y cuáles son intensivas. Conoce el teorema de transporte de Reynolds que permite transformar una ecuación escrita para un sistema a otra escrita para un volumen de control. Conoce la ecuación de continuidad (primera de las ecuaciones básicas) en forma integral. La reduce a una expresión más simple para el caso particular de flujo permanente con una entrada y una salida. Conoce flujo másico y caudal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> <li>• Se presenta pequeño video que muestra tridimensionalmente una bocatoma, una de cuyas partes: el barraje, será analizado y calculado en clases posteriores. La idea es ver el barraje como aparecería en un problema abstracto y verlo en forma tridimensional como parte de una obra mayor.</li> <li>• Se presenta pequeño video que muestra el funcionamiento de una turbina Pelton, cuya potencia podrá ser calculada en clases posteriores.</li> <li>• Se hacen preguntas de análisis para diferenciar las propiedades extensivas de las intensivas.</li> <li>• Clase principalmente demostrativa por parte del docente.</li> <li>• Se resuelven problemas de aplicación, como calcular la velocidad de salida por una tubería que recibe flujo desde un tanque.</li> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que haga un resumen de la clase para identificar errores y corregir o aclarar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
28 Dinámica de fluidos (parte 2)	<p>Conoce la ecuación de la energía (segunda de las ecuaciones básicas de dinámica de fluidos) en forma integral. La reduce a una expresión más simple para el caso particular de flujo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar y repetir.</li> <li>• Conflicto cognitivo: se presenta un caso (efecto Venturi) en el que se practica un orificio en una sección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>

	<p>permanente con una entrada y una salida. Conoce las pérdidas de carga. Se grafican líneas de energía y piezométricas, se señalan las cargas de velocidad, posición y presión. Conoce cómo añadir, si fuese el caso, una bomba y/o una turbina.</p>	<p>contraída de una tubería por la que fluye agua y se pregunta si saldría el agua por ahí. Se dialoga y finalmente se presenta pequeño video que muestra el caso y se observa que en lugar de salir agua, entra aire. Las ecuaciones de continuidad y de la energía lo explican.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase parcialmente demostrativa por parte del docente.</li> <li>• Se resuelven problemas de aplicación: como el barraje presentado en la clase anterior, y otros relacionados con flujo en tuberías.</li> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que haga un resumen de la clase para identificar errores y corregir o aclarar.</li> </ul>	
29 Seminario	Seminario a cargo del Jefe de Prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se resuelven problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarra</li> </ul>
30 Solución de problemas de dinámica de fluidos (partes 1 y 2)	Aplica las ecuaciones de continuidad y de la energía para resolver problemas de ingeniería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase netamente de solución de problemas de aplicación: como la turbina Pelton presentada en clases anteriores.</li> <li>• Aplicación de la teoría a la práctica.</li> <li>• El estudiante usa lo que aprendió en la vida real, como el caso del sifón de la lavadora.</li> <li>• Clase principalmente demostrativa por parte del docente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
31 Práctica de aula	Práctica de aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes resuelven problemas.</li> </ul>	
32 Sustentación de laboratorio	Sustentación de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con diapositivas preparadas en las cuales aparecen fotografías de situaciones observadas en laboratorio y preguntas, cada estudiante responde o explica lo solicitado.</li> <li>• En caso de responder bien obtiene tres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>

		<p>puntos adicionales sobre el informe y en caso de responder mal se le restarían tres puntos al informe.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tienen varias oportunidades de contestar, pues el número de preguntas es superior al triple del número de estudiantes.</li> <li>• Resulta ser una sustentación dinámica y en cierto modo lúdica.</li> <li>• Algunos estudiantes logran obtener cuatro puntos adicionales.</li> </ul>	
33 Dinámica de fluidos (parte 3)	<p>Conoce la ecuación de cantidad de movimiento (tercera de las ecuaciones básicas de dinámica de fluidos) en forma integral. La reduce a una expresión más simple para el caso particular de flujo permanente con una entrada y una salida. Conoce los álabes o deflectores, estacionarios y móviles. Calcula fuerzas debidas al movimiento de un fluido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> <li>• Pregunta: ¿en qué dirección impacta el viento a las turbinas eólicas? Luego, se presenta video en el que observan la explicación de la técnica, la cual deben comprender con los conocimientos ya adquiridos.</li> <li>• Se resuelven problemas de aplicación.</li> <li>• Aplicación de la teoría a la práctica.</li> <li>• El estudiante usa lo que aprendió en la vida real.</li> <li>• Clase principalmente demostrativa por parte del docente.</li> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que exprese una metáfora o símil con lo aprendido en esta clase. Se da forma a la metáfora o símil y se identifican errores, corrige o aclara.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
34 Sustentación de laboratorio de aplicación de la teoría a la realidad	<p>Seminario a cargo del Jefe de Prácticas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustentación de trabajo creativo solicitado por la facultad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes traen sus materiales y recursos.</li> </ul>

<p>35 Medición de la velocidad y el caudal</p>	<p>Conoce medidores de velocidades y caudales: tubo de Pitot-Prandtl, correntómetros, tubo de Venturi, diafragmas con orificios y boquillas, vertederos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> <li>• Pregunta: ¿Cómo cree que se usa la velocidad de propagación de ondas para medir la velocidad y el caudal en una tubería? Luego, se presenta video explicando la técnica que debe ser comprendida con los conocimientos adquiridos.</li> <li>• Aplicación de conocimientos previos para determinar la velocidad o el caudal en cada uno de los instrumentos presentados.</li> <li>• Aplicación de la teoría a la práctica.</li> <li>• El estudiante usa lo que aprendió en la vida real.</li> <li>• Clase principalmente demostrativa por parte del docente.</li> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que exprese una metáfora o símil con lo aprendido en esta clase. Se da forma a la metáfora o símil y se identifican errores, corrige o aclara.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
<p>36 Introducción a la hidráulica experimental</p>	<p>Conoce la hidráulica experimental. Conoce los principios de similitud hidráulica, el método de Buckingham para reducir una función de <math>n</math> variables a otra de <math>n-r</math> parámetros adimensionales, la similitud perfecta, la similitud aproximada, los criterios de similitud.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> <li>• Se presenta video de tour por un laboratorio hidráulico para ver sus partes y equipos, respecto del cual los estudiantes tomarán notas en forma estructurada.</li> <li>• Clase principalmente demostrativa por parte del docente.</li> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que exprese una metáfora o símil con lo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hoja de papel y lapicero para tomar notas del video, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> </ul>

		aprendido en esta clase. Se da forma a la metáfora o símil y se identifican errores, corrige o aclara.	
37 Práctica de aula	Práctica de aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes resuelven problemas.</li> </ul>	
38 Sustentación de laboratorio	Sustentación de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con diapositivas preparadas en las cuales aparecen fotografías de situaciones observadas en laboratorio y preguntas, cada estudiante responde o explica lo solicitado.</li> <li>• En caso de responder bien obtiene tres puntos adicionales sobre el informe y en caso de responder mal se le restarían tres puntos al informe.</li> <li>• Tienen varias oportunidades de contestar, pues el número de preguntas es superior al triple del número de estudiantes.</li> <li>• Resulta ser una sustentación dinámica y en cierto modo lúdica.</li> <li>• Algunos estudiantes logran obtener cuatro puntos adicionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
39 Fuerzas de arrastre	<p>Aprende a calcular fuerzas de arrastre usando una fórmula empírica y coeficientes de arrastre obtenidos experimentalmente, publicados en la literatura y que son de uso común en la práctica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar. Los estudiantes deben saber, porque ha sido repetido varias veces, por qué se produce esta fuerza de arrastre y por qué debe usarse una fórmula empírica para calcularla.</li> <li>• Se presenta video que muestra la magnitud de las fuerzas de arrastre e imágenes de estructuras que deben ser robustas por estar sometidas a la acción del viento.</li> <li>• Se resuelven problemas auténticos como la fuerza de arrastre sobre un</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>

		<p>letrero publicitario, la velocidad de caída de un paracaidista, la velocidad de caída de una gota de lluvia y la velocidad de caída de una partícula de sedimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que exprese una metáfora o símil con lo aprendido en esta clase. Se da forma a la metáfora o símil y se identifican errores, corrige o aclara.</li> </ul>	
40 Seminario	Seminario a cargo del Jefe de Prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se resuelven problemas</li> </ul>	Pizarra
41 Examen final	EXAMEN FINAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes resuelven problemas.</li> </ul>	

## 6. Calendarización

ETAPA	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Preparación del material para las clases						
Dictado de las clases						
Pretest y postest						
Procesamiento de los resultados						

## APÉNDICE B

### PROGRAMA DE ENSEÑANZA BASADO EN LA NEUROCIENCIA CON PLAN DE MEJORA

#### 1. Título: Neuroeducación en ingeniería

#### 2. Fundamentación

Para cumplir el segundo objetivo general del presente estudio: proponer un plan de mejora al programa de enseñanza luego de evaluar su efecto sobre los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima, se ha utilizado referencias bibliográficas recientes (Betegón, 2017; Falconi et al., 2017 y Aguilar, 2020) y se ha actuado en base a lo observado al aplicar el programa de enseñanza inicialmente diseñado: algunas de las estrategias neurocientíficas utilizadas no fueron de satisfacción de todos los estudiantes observándose reticencias en algunos de ellos, la motivación no fue del todo valorada y, por otro lado, se observó que los estudiantes valoran más el uso de las funciones ejecutivas, sin conocimiento de causa, y desconocen otras funciones mentales que también son importantes.

El Plan de Mejora valora el Programa de Enseñanza Basado en la Neurociencia inicialmente elaborado, no elimina ninguna de sus sesiones ni estrategias utilizadas; más bien, adiciona al programa algunas intervenciones adicionales y modifica la forma de evaluar algunas prácticas.

En primer lugar, se propone incluir un **Seminario neuroeducativo** (Betegón, 2017) en el cual se proporcione a los estudiantes los conocimientos más importantes, en lenguaje claro, acerca del cerebro y su funcionamiento, con

énfasis en las funciones ejecutivas, la atención, la memoria, las emociones y la motivación.

En segundo lugar, se propone **cambiar la forma de evaluación de los laboratorios didácticos**, en los cuales los estudiantes prepararían una sustentación corta para brindarles la oportunidad de exponer sus ideas y defenderlas.

En tercer lugar, se propone **promover el uso de TIC**. Como indican Falconi et al. (2017), las estrategias metodológicas neurodidácticas usan, entre otros, tecnologías de la información y la comunicación y, aunque se tiene limitaciones en el uso del laboratorio de cómputo, se propone utilizar este un mayor número de veces.

Por último, se propone **brindar atención especial a las emociones**. Las emociones no fueron principales en el programa de enseñanza inicialmente elaborado y aplicado, se considera oportuno alertar acerca de su importancia a los profesores. Pero las emociones positivas no solo favorecen la memoria y el aprendizaje al fomentar la curiosidad y la motivación (Aguilar, 2020). En ese aspecto, sí fueron ampliamente consideradas en el programa de enseñanza elaborado. Lo que se propone luego de revisar la literatura es acercar al profesor y al estudiante, especialmente en las evaluaciones, con una retroalimentación más inmediata y menos tensa.

### **3. Objetivo general**

Mejorar el programa de enseñanza basado en la neurociencia inicialmente diseñado y aplicado.



### **3.1 Objetivos específicos**

- Adicionar un Seminario neuroeducativo
- Cambiar la forma de evaluación de los laboratorios didácticos
- Promover el uso de TIC
- Brindar atención especial a las emociones

## **4. Metodología**

Se presenta a continuación las técnicas a utilizar en el plan de mejora del programa de enseñanza inicialmente elaborado clasificándolas según el objetivo:

### a) Adicionar un Seminario neuroeducativo

El conocer qué es lo que nos hace seres inteligentes es un aliciente para actuar como tales, aspirar a un aprendizaje consciente y educar la conducta. Adicionar un seminario que proporcione a los estudiantes los conocimientos más importantes, en lenguaje claro, acerca del cerebro y su funcionamiento, con énfasis en las funciones ejecutivas, la atención, la memoria, las emociones y la motivación, se considera altamente favorable. En este seminario también se haría mención de las bondades de las estrategias neuroeducativas a emplear en el curso, como la toma de notas, el trabajo en equipo, el uso de TIC, el uso de metáforas, para que los estudiantes, al utilizarlas, sepan que son beneficiosas y pongan empeño en hacerlas. Este seminario sería dictado en la primera de las sesiones de seminario del curso con una duración de dos horas.

### b) Cambiar la forma de evaluación de los laboratorios didácticos

Son tres los laboratorios didácticos del curso, y para su sustentación se recurrió a una evaluación que se consideró lúdica y fue del gusto de algunos de los estudiantes, pero no de todos. Lo que se plantea ahora es que los estudiantes expongan oralmente su informe de laboratorio. El cambio no obedece al nivel de

agrado de los estudiantes sino al hecho de encontrarse positiva la exposición oral de los estudiantes para mejorar sus habilidades comunicativas, para defender su postura, y porque según el cono de aprendizaje de Edgar Dale, después de dos semanas tendemos a recordar el 70 % de lo que decimos, lo cual es elevado si lo comparamos con recordar solo el 20 % de lo que oímos (Betegón, 2017). Según el principio de Integración de Merrill, es importante para el estudiante defender sus conocimientos, y justamente este principio fue el menos valorado entre los tres principios considerados en esta investigación. Asimismo, el alentar el uso de habilidades comunicativas es importante en el aprendizaje basado en problemas (Duch et al., 2006).

c) Promover el uso de TIC

Si bien la tendencia a futuro es el mayor uso de TIC, su uso se limita por la capacidad del laboratorio de cómputo de la facultad, de modo que, además de un trabajo en equipo que desarrollaron en el centro de cómputo en el programa de enseñanza basado en la neurociencia elaborado, se propone que otro de los trabajos en equipo que se encargó en el curso y que desarrollaron en el aula, sea desarrollado en el centro de cómputo. El beneficio de hacer este tipo de trabajo es que según el cono del aprendizaje de Edgar Dale, después de dos semanas tendemos a recordar el 90 % de lo que decimos y hacemos (Betegón, 2017), lo cual es bastante alto y favorable. Además de ello, el uso de herramientas de cómputo permite encargar trabajos algo más complejos que representen un reto para los estudiantes (Aguilar, 2020).

d) Brindar atención especial a las emociones

Lo que se plantea es acercar al profesor y al estudiante, que el profesor lo vea cometer errores y corrija, siendo así las evaluaciones oportunidades de

aprendizaje y no un evento que produzca tensión. Según Falconi et al. (2017), las estrategias socioemocionales neurodidácticas fueron las más valoradas por los estudiantes en su estudio y estas incluyen, entre otras, la relajación y la retroalimentación. Cabe resaltar aquí que es perjudicial para el aprendizaje que el estudiante tenga miedo de cometer errores (emoción negativa), más bien el profesor puede alentar la expresividad y facilitar el potencial creativo de los estudiantes (Aguilar, 2020). Por otro lado, en el caso de los trabajos en equipo, el profesor puede brindar libertad para que sean estas experiencias de aprendizaje relajantes en las que existe la oportunidad de dialogar y aprender de sus compañeros.

## 5. Estructura

El curso Mecánica de fluidos I conserva su número de sesiones; son 41 sesiones incluidas las clases teóricas, clases prácticas y evaluaciones. Se ha señalado en verde los cambios considerados según el Plan de Mejora.

### Sesiones:

N° Sesión	Competencia	Actividad	Materiales
1 Introducción	Reconoce la importancia del curso en su carrera profesional. Comprende qué temas abarcará el curso. Aprende qué es un fluido. Distingue sólido de fluido y líquido de gas. Recuerda, memoriza y aplica conversiones de unidades en problemas de la vida cotidiana y de un fluido común como el agua.	<b>INICIO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> </ul> <b>ACTIVIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presentan casos reales en los que se aplicarían los conocimientos a adquirir en el curso.</li> <li>• Se motiva a los estudiantes a fin de que se percaten de lo que serán capaces de hacer.</li> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se muestra video de corta duración sobre Qué es un fluido, respecto del cual tomarán notas en forma estructurada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hoja de papel y lapicero para tomar notas del video, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> <li>• Lectura en pdf.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se resuelven problemas sencillos.</li> <li>• Se enlaza la pasada experiencia con lo que se aprende.</li> </ul> <p>CIERRE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encarga lectura acerca de la experimentación</li> <li>• Se hacen preguntas acerca de la clase brindada a modo de recordar los puntos más importantes.</li> </ul>	
2 Seminario	Seminario a cargo de la profesora del curso	<p><b>SEMINARIO NEUROEDUCATIVO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se expone acerca del cerebro y su funcionamiento, con énfasis en las funciones ejecutivas, la atención, la memoria, las emociones y la motivación.</li> <li>• Se hace mención de las bondades de las estrategias neuroeducativas a emplear en el curso: toma de notas, trabajo en equipo, el uso de TIC, el uso de metáforas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
3 Propiedades de los fluidos (primera parte)	Profundiza acerca de propiedades de los fluidos (densidad, peso específico, volumen específico, densidad relativa, viscosidad), algunas de las cuales ya conoce o ha oído hablar. Conoce la ley de viscosidad de Newton, fluidos newtonianos y no newtonianos.	<p><b>INICIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta noticia de un problema surgido en una obra civil en el que se evidencia la importancia y aplicación del tema a estudiar.</li> <li>• Se muestra video de corta duración que define El continuo, respecto del cual tomarán notas en forma estructurada.</li> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se muestran dos videos de corta duración con curiosidades acerca de los temas tratados, que además de motivar al estudiante le permiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hoja de papel y lapicero para tomar notas del video, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> </ul>

		<p>observar una experimentación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El estudiante observa la importancia de los valores de las propiedades de los fluidos en casos reales.</li> <li>• Se resuelven problemas abstractos.</li> <li>• Se aplica conversiones de unidades en los problemas (repetición con incremento de la dificultad).</li> </ul> <p><b>CIERRE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hacen preguntas acerca de la clase brindada a modo de recordar los puntos más importantes.</li> </ul>	
4 Experimentación en aula	Determinan la viscosidad de la miel midiendo la velocidad de caída de una esfera y utilizando la ley de Stokes.	<p><b>INICIO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se organiza a los estudiantes en grupos.</li> <li>• Se explica la experimentación a realizar.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDAD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes trabajan en equipo y coordinadamente, haciendo mediciones y cálculos. Cada grupo tiene una función en particular, enlazada con lo que los otros grupos requieren. Finalmente, el trabajo de cada equipo contribuye a obtener un resultado final: la viscosidad de la miel a la temperatura de ensayo.</li> </ul> <p><b>CIERRE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un estudiante escogido al azar expone el procedimiento seguido por todo el salón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un litro de miel</li> <li>• Una probeta mediana y otra pequeña</li> <li>• Una balanza</li> <li>• Un vernier</li> <li>• Una canica y una pelota de yax.</li> <li>• Calculadora</li> <li>• Pinza</li> </ul>
5 Seminario	Resuelven problemas acerca de las propiedades de los fluidos aprendidas hasta el momento (densidad, peso específico, densidad relativa, viscosidad) practicando además	<p><b>INICIO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encargan problemas a los estudiantes y se les da un tiempo prudente para resolverlos.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDAD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se selecciona a seis estudiantes y cada uno expone cómo ha resuelto el problema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarra</li> <li>• Cuaderno y lapicero</li> </ul>

	<p>la conversión de unidades.</p>	<p>El profesor le hace ver los errores cometidos, si hubiesen y/o resalta los aciertos para que estos sean aprendidos por los demás estudiantes.</p> <p>ESTRATEGIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acercar al profesor y al estudiante; es un momento de evaluación en el que el profesor ve al estudiante cometer errores y lo corrige sin que el estudiante tenga miedo de cometer un error pues no se trata de la práctica de aula, más bien alienta su expresividad y la manifestación de su potencial. Entonces la evaluación se convierte en una oportunidad de aprendizaje y no un evento que produzca tensión.</li> </ul>	
<p>6 Propiedades de los fluidos (segunda parte)</p>	<p>Profundiza acerca de propiedades adicionales de los fluidos (compresibilidad, tensión superficial, presión de vapor), algunas de las cuales ya conoce o ha oído hablar. Conoce la atmósfera estándar. Conoce otra forma de expresar la ecuación de estado de los gases ideales. Recuerda la primera ley de la termodinámica y conoce algunas propiedades de los gases. Conoce una forma de hallar la velocidad del sonido a través de un líquido.</p>	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hace la pregunta: ¿Por qué a los aviones les cuesta más despegar en verano? Se dialoga y se muestra el artículo de tal noticia donde se explica las razones, mostrando la importancia y aplicación de dos de los temas que se están estudiando.</li> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se presenta imagen de problema real que puede presentarse en ingeniería relacionada con la compresibilidad de los líquidos.</li> <li>• Se muestra tres videos de corta duración con explicación de curiosidades acerca de algunos de los temas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hoja de papel con preguntas para contestar, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> </ul>

		<p>tratados y que a la vez motivan al estudiante.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se calcula la velocidad del sonido en el agua y se compara con la que se produce en el aire. Se evalúa la importancia de la diferencia.</li> <li>• Se resuelve problemas reales, como calcular el grosor de un clip que puede quedar suspendido en la superficie del agua.</li> <li>• Se aplica conversiones de unidades en los problemas (repetición con incremento de la dificultad).</li> <li>• Se muestra video en el cual pueden observar el fenómeno de cavitación, relacionado con la presión de vapor.</li> </ul> <p>CIERRE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hacen preguntas acerca de la clase brindada a modo de recordar los puntos más importantes.</li> <li>• Control de lectura.</li> </ul>	
7 Práctica de aula	Resuelven problemas acerca del tema: propiedades de los fluidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes resuelven problemas que luego serán evaluados.</li> </ul>	
8 Estática de fluidos: presión	Profundiza acerca de la estática de fluidos. Profundiza acerca de la presión. Conoce cómo varía la presión en un fluido en reposo.	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta texto acerca de una presa (uso, aspectos negativos, realidad mundial). Es una obra civil en la que se aplicaría el tema a tratar y los estudiantes toman notas en forma estructurada. El objetivo es que ya empiece a tener conocimientos generales acerca de algunas obras hidráulicas, lo que verá</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hoja de papel y lapicero para tomar notas del texto, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> </ul>

		<p>con detalle en cursos posteriores.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se calcula la presión en la atmósfera estándar (particularmente la troposfera) a una determinada altitud. Es un cálculo real.</li> </ul> <p>CIERRE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hacen preguntas acerca de la clase brindada a modo de recordar los puntos más importantes.</li> </ul>	
9 Medidores de presión	<p>Conoce medidores de presión (barómetro, piezómetro, manómetro simple, manómetro diferencial, manómetro de Bourdon). Diferencia presión manométrica de presión absoluta.</p>	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta video con accidente producido en una presa debido a la alta presión.</li> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se hacen cálculos de presión según imágenes presentadas, utilizando conversión de unidades y afianzando conceptos.</li> <li>• Se resuelven pequeños problemas.</li> <li>• Aplicación de la teoría a la práctica.</li> </ul> <p>CIERRE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hacen preguntas acerca de la clase brindada a modo de recordar los puntos más importantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
10 Seminario	<p>Resuelven problemas acerca del tema presión, variación de la presión en la atmósfera y medidores de presión, practicando además la conversión de unidades.</p>	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encargan problemas a los estudiantes y se les da un tiempo prudente para resolverlos.</li> </ul> <p>ACTIVIDAD:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se selecciona a seis estudiantes y cada uno expone cómo ha resuelto el problema. El profesor le hace ver los errores cometidos, si hubiese y/o resalta los aciertos para que estos sean aprendidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarra</li> <li>• Cuaderno y lapicero</li> </ul>



		<p>por los demás estudiantes.</p> <p><b>ESTRATEGIA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acercar al profesor y al estudiante; es un momento de evaluación en el que el profesor ve al estudiante cometer errores y lo corrige sin que el estudiante tenga miedo de cometer un error pues no se trata de la práctica de aula, más bien alienta su expresividad y la manifestación de su potencial. Entonces la evaluación se convierte en una oportunidad de aprendizaje y no un evento que produzca tensión.</li> </ul>	
11 Fuerzas sobre superficies planas	Deduce y conoce las expresiones para hallar la fuerza que ejerce un fluido sobre una superficie plana (magnitud y punto de acción).	<p><b>INICIO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Solución de problemas reales con aplicación de la teoría a la práctica.</li> </ul> <p><b>ESTRATEGIA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase principalmente demostrativa por parte de la docente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
12 Fuerzas sobre superficies curvas	Deduce y conoce las expresiones para hallar la fuerza que ejerce un fluido sobre una superficie curva (magnitud y punto de acción).	<p><b>INICIO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Solución de problemas reales con aplicación de la teoría a la práctica.</li> </ul> <p><b>ESTRATEGIA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase principalmente demostrativa por parte de la docente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
13 Práctica de aula	Resuelven problemas acerca del tema: fuerzas sobre superficies planas y curvas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes resuelven problemas que luego serán evaluados.</li> </ul>	

<p>14 Empuje y estabilidad</p>	<p>Deduce, con los conocimientos recién adquiridos, cuál sería la fuerza de flotación o empuje sobre un cuerpo sumergido o flotante. Analiza la estabilidad de los cuerpos sumergidos y flotantes, según la posición relativa del centro de gravedad, el centro de empuje y el metacentro (si fuese el caso). Conoce el hidrómetro (caso de instrumento estable).</p>	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta noticia de buque que volcó por inestabilidad. Consecuencias y complicaciones.</li> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se presenta video de cómo un submarino se sumerge y emerge.</li> <li>• Se resuelven problemas abstractos.</li> <li>• Se calculan las marcas de un hidrómetro (cómo confeccionarlo).</li> </ul> <p>CIERRE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas finales para afianzar conceptos y verificar si la clase ha sido comprendida.</li> <li>• Se pregunta: ¿Cuál es la gran conclusión de la clase? Luego de dialogar, se muestra artículo donde se proporcionan recomendaciones de seguridad para el viaje en botes que han sido deducidos a partir de tal conclusión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>
<p>15 Equilibrio relativo</p>	<p>Conoce el tema: equilibrio relativo. Analiza los casos: recipientes linealmente acelerados y recipientes rotatorios. Deduce expresiones para hallar la variación de la presión en estos recipientes.</p>	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta video que muestra cómo se forman curvas en los ríos y que contesta una de las preguntas formuladas.</li> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se resuelven problemas abstractos.</li> <li>• Se afianza la comprensión de por qué se forman curvas en los ríos aplicando lo aprendido para recipientes rotatorios.</li> </ul> <p>CIERRE:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hojas de papel con dibujos que los estudiantes completarán.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Se hacen preguntas acerca de la clase brindada a modo de recordar los puntos más importantes.</li> </ul>	
16 Seminario	Resuelven problemas acerca de flotación y estabilidad, equilibrio relativo, practicando además la conversión de unidades.	<p><b>INICIO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se encargan problemas a los estudiantes y se les da un tiempo prudente para resolverlos.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDAD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se selecciona a seis estudiantes y cada uno expone cómo ha resuelto el problema. El profesor le hace ver los errores cometidos, si hubiesen y/o resalta los aciertos para que estos sean aprendidos por los demás estudiantes.</li> </ul> <p><b>ESTRATEGIA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acercar al profesor y al estudiante; es un momento de evaluación en el que el profesor ve al estudiante cometer errores y lo corrige sin que el estudiante tenga miedo de cometer un error pues no se trata de la práctica de aula, más bien alienta su expresividad y la manifestación de su potencial. Entonces la evaluación se convierte en una oportunidad de aprendizaje y no un evento que produzca tensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pizarra</li> <li>Cuaderno y lapicero</li> </ul>
17 Introducción a los fluidos en movimiento	Conoce el tema: introducción a los fluidos en movimiento. Conoce algunos campos de flujo. Diferencia el enfoque Lagrangiano del Euleriano y comprende que en el curso se trabaja con el enfoque Euleriano. Conoce el flujo permanente, la línea de trayectoria, la traza y la línea de corriente. Conoce cómo se dibujan	<p><b>INICIO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se presenta video que explica claramente la diferencia entre los enfoques lagrangiano y euleriano. Los estudiantes toman notas en forma estructurada.</li> <li>Se exponen los temas de la clase.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> <li>Hoja de papel y lapicero para tomar notas del video, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> <li>Computadora.</li> </ul>

	<p>líneas de corriente a partir de ecuaciones de velocidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En aula de cómputo, en grupos, se les entrega ecuaciones de velocidad a fin de que grafiquen las líneas de corriente (campo de flujo). Esta actividad tiene una duración de una hora.</li> </ul> <p>ESTRATEGIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El beneficio de hacer este tipo de trabajo es que según el cono del aprendizaje de Edgar Dale, después de dos semanas tendemos a recordar el 90 % de lo que decimos y hacemos, lo cual es bastante alto y favorable. Además de ello, el uso de herramientas de cómputo permite encargar trabajos algo más complejos que representen un reto para los estudiantes.</li> </ul>	
<p>18 Flujo potencial o irrotacional</p>	<p>Conoce el tema: flujo potencial o irrotacional. Conoce la expresión para determinar la velocidad en un flujo potencial. Conoce la función potencial y la función de corriente. Deduce ecuaciones para calcular la velocidad angular y vorticidad en un campo de flujo. Conoce la forma equivalente vectorial de la vorticidad y que en un flujo potencial la vorticidad es cero. Conoce la ecuación de continuidad en forma diferencial y deriva la ecuación de Laplace para flujos potenciales. Conoce las líneas de corriente y las líneas equipotenciales. Deduce expresiones para la aceleración y la razón de deformación.</p>	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se exponen los temas de la clase.</li> <li>Análisis de un problema real: socavación en un pilar de puente. Se analiza el flujo tridimensional y hasta qué punto un modelo bidimensional lo representa, a manera introductoria.</li> </ul> <p>CIERRE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preguntas finales para afianzar conceptos y verificar si la clase ha sido comprendida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> </ul>

19 Práctica de aula	Resuelven problemas acerca del tema: flotación y estabilidad, equilibrio relativo, e introducción a los fluidos en movimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes resuelven problemas que luego serán evaluados.</li> </ul>	
20 Clasificación de flujos (primera parte)	Investiga acerca del flujo asignado a su grupo: flujo tridimensional, flujo bidimensional, flujo unidimensional, flujo no viscoso, flujo viscoso, flujo laminar, flujo turbulento, flujo incompresible o compresible.	<p><b>ACTIVIDAD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En aula de cómputo y trabajando en equipo, elaboran diapositivas con el/los flujo(s) asignado(s) a cada grupo: flujo tridimensional, flujo bidimensional, flujo unidimensional, flujo no viscoso, flujo viscoso, flujo laminar, flujo turbulento, flujo incompresible y compresible. Utilizan figuras, videos y conceptos.</li> </ul> <p><b>ESTRATEGIA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El beneficio de hacer este tipo de trabajo es que según el cono del aprendizaje de Edgar Dale, después de dos semanas tendemos a recordar el 90 % de lo que decimos y hacemos, lo cual es bastante alto y favorable. Además de ello, el uso de herramientas de cómputo permite encargar trabajos algo más complejos que representen un reto para los estudiantes.</li> </ul>	Computadora. Diapositivas a completar por cada grupo.
21 Examen parcial	Resuelven problemas acerca de todos los temas tratados hasta el momento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes resuelven problemas que luego serán evaluados.</li> </ul>	
22 Clasificación de flujos (segunda parte)	Conoce cómo se clasifican los flujos: flujo tridimensional, flujo bidimensional, flujo unidimensional, flujo no viscoso, flujo viscoso, flujo laminar, flujo turbulento, flujo incompresible y flujo compresible. Reconoce	<p><b>ACTIVIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clase principalmente demostrativa por parte del docente.</li> <li>Coevaluación: se presenta las diapositivas realizadas por los estudiantes en la clase anterior y, en equipos, evalúan el</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> <li>Hojas de papel (una por grupo) con escalas del 1 al 5 para que evalúen a los demás equipos.</li> </ul>

	particularidades y diferencias.	trabajo de los demás equipos. <ul style="list-style-type: none"> <li>Se aclaran dudas, se corrige lo que estuviera errado.</li> </ul>	
23 Ecuación de Bernoulli	Recuerda la ecuación de Bernoulli deduciéndola con los conocimientos que ha adquirido en clases previas e identificando para qué casos específicos se utiliza. Identifica y caracteriza un punto de estancamiento. Usa la ecuación de Bernoulli en un medidor de velocidad (tubo de Pitot).	<b>INICIO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preguntas para conocer sus conocimientos previos.</li> </ul> <b>ACTIVIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se presenta video sobre colisión de buques por efecto Bernoulli.</li> <li>Se exponen los temas de la clase.</li> <li>Al usar la ecuación de Bernoulli en un tubo de Pitot, se recurre a conocimientos previos acerca de los medidores de presión (enlaza la pasada experiencia con lo que se aprende).</li> <li>Se resuelven problemas abstractos.</li> </ul> <b>CIERRE:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preguntas finales para afianzar conceptos y verificar si la clase ha sido comprendida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> </ul>
24 Sustentación de laboratorio	Demuestra sus conocimientos respecto a los temas: centro de presión y estabilidad de cuerpos flotantes.	<b>ACTIVIDAD:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes, en grupos, sustentan el laboratorio habiendo preparado su sustentación con diapositivas. El espacio está abierto a preguntas de la profesora y de los estudiantes a fin de que cada uno de los expositores defienda sus conocimientos.</li> </ul> <b>ESTRATEGIA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se considera positiva la exposición oral de los estudiantes para mejorar sus habilidades comunicativas, para defender su postura, y porque según el cono de aprendizaje de Edgar Dale, después de dos semanas tendemos a recordar el 70 % de lo que</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> </ul>

		decimos, lo cual es elevado.	
25 Superposición de flujos	Conoce el tema: superposición de flujos. Conoce los cuatro flujos simples que satisfacen la ecuación de Laplace. Conoce algunas superposiciones de flujos conocidas, como el medio cuerpo, el óvalo de Rankine y el flujo alrededor de un cilindro circular. Diferencia el modelo del caso real analizando (recordando) las causas.	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preguntas para recordar lo aprendido acerca de flujo potencial o irrotacional y la confección de campos de flujo.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pregunta: ¿En qué lugar alrededor de un automóvil la velocidad es máxima al este viajar a cierta velocidad? Luego de dialogar se presenta video de campos de flujo modelados alrededor de automóviles, edificios, aves.</li> <li>Se exponen los temas de la clase.</li> <li>Los estudiantes completan dibujos proporcionados esquematizando los cuatro flujos simples presentados.</li> <li>Se resuelven problemas de modelamiento de flujos que verifican lo observado en el video.</li> </ul> <p>CIERRE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que haga un resumen del tema tratado en clase para identificar errores y corregir o aclarar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> <li>Hojas de papel con dibujos que los estudiantes completarán.</li> </ul>
26 Práctica de aula	Resuelven problemas acerca del tema: superposición de flujos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes resuelven problemas que luego serán evaluados.</li> </ul>	
27 Dinámica de fluidos (parte 1)	Empieza a conocer los temas relacionados con la dinámica de fluidos, los problemas de ingeniería que pueden resolverse con las tres ecuaciones básicas que se aprenderán en esta parte del curso. Diferencia	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se presenta pequeño video que muestra tridimensionalmente una bocanoma, una de cuyas partes: el barraje, será analizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> </ul>

	<p>sistema (descripción lagrangiana) de volumen de control (descripción euleriana). Deduce qué propiedades son extensivas y cuáles son intensivas. Conoce el teorema de transporte de Reynolds que permite transformar una ecuación escrita para un sistema a otra escrita para un volumen de control. Conoce la ecuación de continuidad (primera de las ecuaciones básicas) en forma integral. La reduce a una expresión más simple para el caso particular de flujo permanente con una entrada y una salida. Conoce flujo másico y caudal.</p>	<p>y calculado en clases posteriores. La idea es ver el barraje como aparecería en un problema abstracto y verlo en forma tridimensional como parte de una obra mayor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta pequeño video que muestra el funcionamiento de una turbina Pelton, cuya potencia podrá ser calculada en clases posteriores.</li> <li>• Se hacen preguntas de análisis para diferenciar las propiedades extensivas de las intensivas.</li> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se resuelven problemas de aplicación, como calcular la velocidad de salida por una tubería que recibe flujo desde un tanque.</li> </ul> <p><b>CIERRE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que haga un resumen de la clase para identificar errores y corregir o aclarar.</li> </ul>	
<p>28 Dinámica de fluidos (parte 2)</p>	<p>Conoce la ecuación de la energía (segunda de las ecuaciones básicas de dinámica de fluidos) en forma integral. La reduce a una expresión más simple para el caso particular de flujo permanente con una entrada y una salida. Conoce las pérdidas de carga. Se grafican líneas de energía y piezométricas, se señalan las cargas de velocidad, posición y presión. Conoce cómo añadir, si fuese el caso, una bomba y/o una turbina.</p>	<p><b>INICIO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar y repetir.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conflicto cognitivo: se presenta un caso (efecto Venturi) en el que se practica un orificio en una sección contraída de una tubería por la que fluye agua y se pregunta si saldría el agua por ahí. Se dialoga y finalmente se presenta pequeño video que muestra el caso y se observa que en lugar de salir agua, entra aire. Las</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>



		<p>ecuaciones de continuidad y de la energía lo explican.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se resuelven problemas de aplicación: como el barraje presentado en la clase anterior, y otros relacionados con flujo en tuberías.</li> </ul> <p>CIERRE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que haga un resumen de la clase para identificar errores y corregir o aclarar.</li> </ul>	
29 Seminario	Resuelven problemas acerca de las ecuaciones de continuidad y de la energía, practicando además la conversión de unidades.	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encargan problemas a los estudiantes y se les da un tiempo prudente para resolverlos.</li> </ul> <p>ACTIVIDAD:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se selecciona a seis estudiantes y cada uno expone cómo ha resuelto el problema. El profesor le hace ver los errores cometidos, si hubiesen y/o resalta los aciertos para que estos sean aprendidos por los demás estudiantes.</li> </ul> <p>ESTRATEGIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acercar al profesor y al estudiante; es un momento de evaluación en el que el profesor ve al estudiante cometer errores y lo corrige sin que el estudiante tenga miedo de cometer un error pues no se trata de la práctica de aula, más bien alienta su expresividad y la manifestación de su potencial. Entonces la evaluación se convierte en una oportunidad de aprendizaje y no un evento que produzca tensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarra</li> <li>• Cuaderno y lapicero</li> </ul>
30	Aplica las ecuaciones de continuidad y de	ACTIVIDADES:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>

Solución de problemas de dinámica de fluidos (partes 1 y 2)	la energía para resolver problemas de ingeniería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clase netamente de solución de problemas de aplicación: como la turbina Pelton presentada en clases anteriores. Son problemas de aplicación de la teoría a la práctica.</li> <li>El estudiante usa lo que aprendió en la vida real, como el caso del sifón de la lavadora.</li> </ul> <b>ESTRATEGIA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clase principalmente demostrativa por parte de la docente.</li> </ul>	
31 Práctica de aula	Resuelven problemas acerca del tema: ecuación de continuidad y ecuación de la energía.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes resuelven problemas que luego serán evaluados.</li> </ul>	
32 Sustentación de laboratorio	Demuestra sus conocimientos respecto al tema: visualización de flujos.	<b>ACTIVIDAD:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes, en grupos, sustentan el laboratorio habiendo preparado su sustentación con diapositivas. El espacio está abierto a preguntas de la profesora y de los estudiantes a fin de que cada uno de los expositores defienda sus conocimientos.</li> </ul> <b>ESTRATEGIA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se considera positiva la exposición oral de los estudiantes para mejorar sus habilidades comunicativas, para defender su postura, y porque según el cono de aprendizaje de Edgar Dale, después de dos semanas tendemos a recordar el 70 % de lo que decimos, lo cual es elevado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> </ul>
33 Dinámica de fluidos (parte 3)	Conoce la ecuación de cantidad de movimiento (tercera de las ecuaciones básicas de dinámica de fluidos) en forma integral. La reduce a	<b>INICIO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> <li>Pregunta: ¿en qué dirección impacta el</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> </ul>

	<p>una expresión más simple para el caso particular de flujo permanente con una entrada y una salida. Conoce los álabes o deflectores, estacionarios y móviles. Calcula fuerzas debidas al movimiento de un fluido.</p>	<p>viento a las turbinas eólicas? Luego, se presenta video en el que observan la explicación de la técnica, la cual deben comprender con los conocimientos ya adquiridos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se resuelven problemas de aplicación de la teoría a la práctica.</li> </ul> <p><b>CIERRE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que exprese una metáfora o símil con lo aprendido en esta clase. Se da forma a la metáfora o símil y se identifican errores, corrige o aclara.</li> </ul>	
<p>34 Sustentación de laboratorio de aplicación de la teoría a la realidad</p>	<p>Demuestra sus conocimientos respecto al tema elegido. Explica el diseño del trabajo construido. Muestra su trabajo en funcionamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustentación en grupos de trabajo creativo solicitado por la facultad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes traen sus materiales y recursos.</li> </ul>
<p>35 Medición de la velocidad y el caudal</p>	<p>Conoce medidores de velocidades y caudales: tubo de Pitot-Prandtl, correntómetros, tubo de Venturi, diafragmas con orificios y boquillas, vertederos.</p>	<p><b>INICIO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta: ¿Cómo cree que se usa la velocidad de propagación de ondas para medir la velocidad y el caudal en una tubería? Luego, se presenta video explicando la técnica que debe ser comprendida con los conocimientos adquiridos.</li> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Aplicación de conocimientos previos para determinar la velocidad o el caudal en cada uno de los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>

		<p>instrumentos presentados.</p> <p><b>CIERRE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que exprese una metáfora o símil con lo aprendido en esta clase. Se da forma a la metáfora o símil y se identifican errores, corrige o aclara.</li> </ul>	
36 Introducción a la hidráulica experimental	<p>Conoce la hidráulica experimental. Conoce los principios de similitud hidráulica, el método de Buckingham para reducir una función de n variables a otra de n-r parámetros adimensionales, la similitud perfecta, la similitud aproximada, los criterios de similitud.</p>	<p><b>INICIO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta video de tour por un laboratorio hidráulico para ver sus partes y equipos, respecto del cual los estudiantes tomarán notas en forma estructurada.</li> <li>• Se exponen los temas de la clase.</li> <li>• Se resuelven algunos ejemplos prácticos.</li> </ul> <p><b>CIERRE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatoriamente, se elige a un estudiante para que exprese una metáfora o símil con lo aprendido en esta clase. Se da forma a la metáfora o símil y se identifican errores, corrige o aclara.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> <li>• Hoja de papel y lapicero para tomar notas del video, la cual será entregada al profesor para ser evaluada.</li> </ul>
37 Práctica de aula	<p>Resuelven problemas acerca de los temas: ecuación de cantidad de movimiento, medidores de la velocidad y el caudal, introducción a la hidráulica experimental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes resuelven problemas que luego serán evaluados.</li> </ul>	
38 Sustentación de laboratorio	<p>Demuestra sus conocimientos respecto a los temas: orificios y boquillas.</p>	<p><b>ACTIVIDAD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes, en grupos, sustentan el laboratorio habiendo preparado su sustentación con diapositivas. El espacio está abierto a preguntas de la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diapositivas</li> <li>• Pizarra</li> </ul>

		<p>profesora y de los estudiantes a fin de que cada uno de los expositores defienda sus conocimientos.</p> <p>ESTRATEGIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se considera positiva la exposición oral de los estudiantes para mejorar sus habilidades comunicativas, para defender su postura, y porque según el cono de aprendizaje de Edgar Dale, después de dos semanas tendemos a recordar el 70 % de lo que decimos, lo cual es elevado.</li> </ul>	
39 Fuerzas de arrastre	<p>Aprende a calcular fuerzas de arrastre usando una fórmula empírica y coeficientes de arrastre obtenidos experimentalmente y publicados en la literatura, y que son de uso común en la práctica.</p>	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preguntas para conocer sus conocimientos previos y para recordar. Los estudiantes deben saber, porque ha sido repetido varias veces, por qué se produce esta fuerza de arrastre y por qué debe usarse una fórmula empírica para calcularla.</li> </ul> <p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se presenta video que muestra la magnitud de las fuerzas de arrastre e imágenes de estructuras que deben ser robustas por estar sometidas a la acción del viento.</li> <li>Se exponen los temas de la clase.</li> <li>Se resuelven problemas auténticos como la fuerza de arrastre sobre un letrero publicitario, la velocidad de caída de un paracaidista, la velocidad de caída de una gota de lluvia y la velocidad de caída de una partícula de sedimento.</li> </ul> <p>CIERRE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aleatoriamente, se elige a un estudiante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas</li> <li>Pizarra</li> </ul>

		para que exprese una metáfora o símil con lo aprendido en esta clase. Se da forma a la metáfora o símil y se identifican errores, corrige o aclara.	
40 Seminario	Resuelven problemas acerca de todos los temas estudiados desde el examen parcial hasta el final, practicando además la conversión de unidades.	<p>INICIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se encargan problemas a los estudiantes y se les da un tiempo prudente para resolverlos.</li> </ul> <p>ACTIVIDAD:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se selecciona a seis estudiantes y cada uno expone cómo ha resuelto el problema. El profesor le hace ver los errores cometidos, si hubiesen y/o resalta los aciertos para que estos sean aprendidos por los demás estudiantes.</li> </ul> <p>ESTRATEGIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acercar al profesor y al estudiante; es un momento de evaluación en el que el profesor ve al estudiante cometer errores y lo corrige sin que el estudiante tenga miedo de cometer un error pues no se trata de la práctica de aula, más bien alienta su expresividad y la manifestación de su potencial. Entonces la evaluación se convierte en una oportunidad de aprendizaje y no un evento que produzca tensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pizarra Cuaderno y lapicero</li> </ul>
41 Examen final	Resuelven problemas acerca de todos los temas tratados hasta el final del curso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes resuelven problemas que luego serán evaluados.</li> </ul>	

## APÉNDICE C

### SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR EL ESTUDIO

Lima, 24 de junio de 2019

Señor Doctor  
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil  
XXX

De mi consideración y estima:

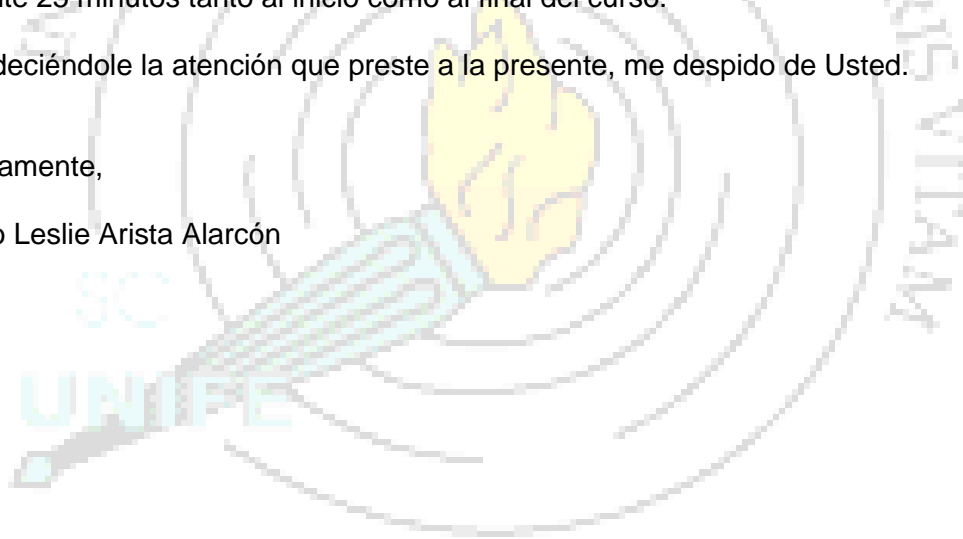
Me dirijo a Usted para comunicarle que me encuentro realizando la Tesis: “Efectos de un programa de enseñanza basado en la neurociencia en los aprendizajes” para obtener el grado de Maestra en Educación, mención Docencia Universitaria, en la Universidad Femenina del Sagrado Corazón (UNIFÉ).

La tesis es de tipo cuasiexperimental y mi muestra serían mis estudiantes del curso Mecánica de Fluidos I durante el ciclo 2019-II. Para ello, debo solicitarle tenga a bien autorizar la realización de la investigación y asignarme dos salones del curso mencionado a fin de tener un grupo experimental (que recibirá el programa de enseñanza basado en la neurociencia) y un grupo de control (que no lo recibirá). Como parte de la investigación, los estudiantes responderán un instrumento (cuestionario) durante 25 minutos tanto al inicio como al final del curso.

Agradeciéndole la atención que preste a la presente, me despido de Usted.

Atentamente,

Rocío Leslie Arista Alarcón



## APÉNDICE D

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Mi nombre es ROCÍO LESLIE ARISTA ALARCÓN, soy estudiante de Maestría en Educación, mención Docencia Universitaria. Estoy llevando un proyecto de investigación titulado EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENSEÑANZA BASADO EN LA NEUROCIENCIA EN LOS APRENDIZAJES.

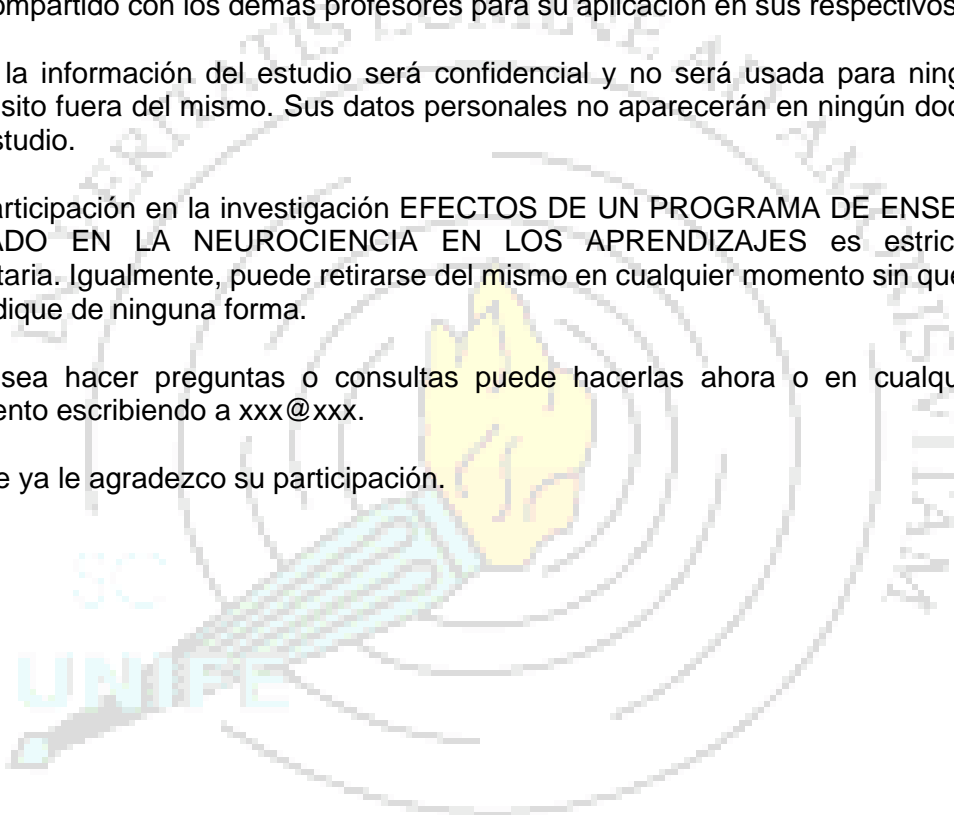
El objetivo de la investigación es establecer el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia sobre los aprendizajes del curso Mecánica de fluidos I en los estudiantes de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima. Esta investigación permitirá determinar si el programa de enseñanza así elaborado tiene un efecto positivo sobre los aprendizajes. La información obtenida será de beneficio para la formación en Ingeniería civil pues el programa de enseñanza puede ser compartido con los demás profesores para su aplicación en sus respectivos cursos.

Toda la información del estudio será confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera del mismo. Sus datos personales no aparecerán en ningún documento del estudio.

Su participación en la investigación EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENSEÑANZA BASADO EN LA NEUROCIENCIA EN LOS APRENDIZAJES es estrictamente voluntaria. Igualmente, puede retirarse del mismo en cualquier momento sin que esto lo perjudique de ninguna forma.

Si desea hacer preguntas o consultas puede hacerlas ahora o en cualquier otro momento escribiendo a xxx@xxx.

Desde ya le agradezco su participación.





## DECLARACIÓN VOLUNTARIA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, después de haber sido informado sobre todos los aspectos del proyecto EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENSEÑANZA BASADO EN LA NEUROCIENCIA EN LOS APRENDIZAJES, acepto participar voluntariamente en este proyecto, conducido por ROCÍO LESLIE ARISTA ALARCÓN. He sido informado (a) de que la meta de este proyecto es MEJORAR LA ENSEÑANZA DEL CURSO MECÁNICA DE FLUIDOS I Y, POSIBLEMENTE, DE OTROS CURSOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de este proyecto es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de este proyecto sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto perjudique a mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este proyecto, puedo contactar a ROCÍO LESLIE ARISTA ALARCÓN, al correo xxx@xxx.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este proyecto cuando este haya concluido. Para esto, puedo contactar a ROCÍO LESLIE ARISTA ALARCÓN al correo anteriormente mencionado.

Nombres y Apellidos del participante:

\_\_\_\_\_

Firma:

DNI: \_\_\_\_\_

Fecha: 26 de agosto de 2019

Nombres y Apellidos de la evaluadora: ROCÍO LESLIE ARISTA ALARCÓN

Firma:

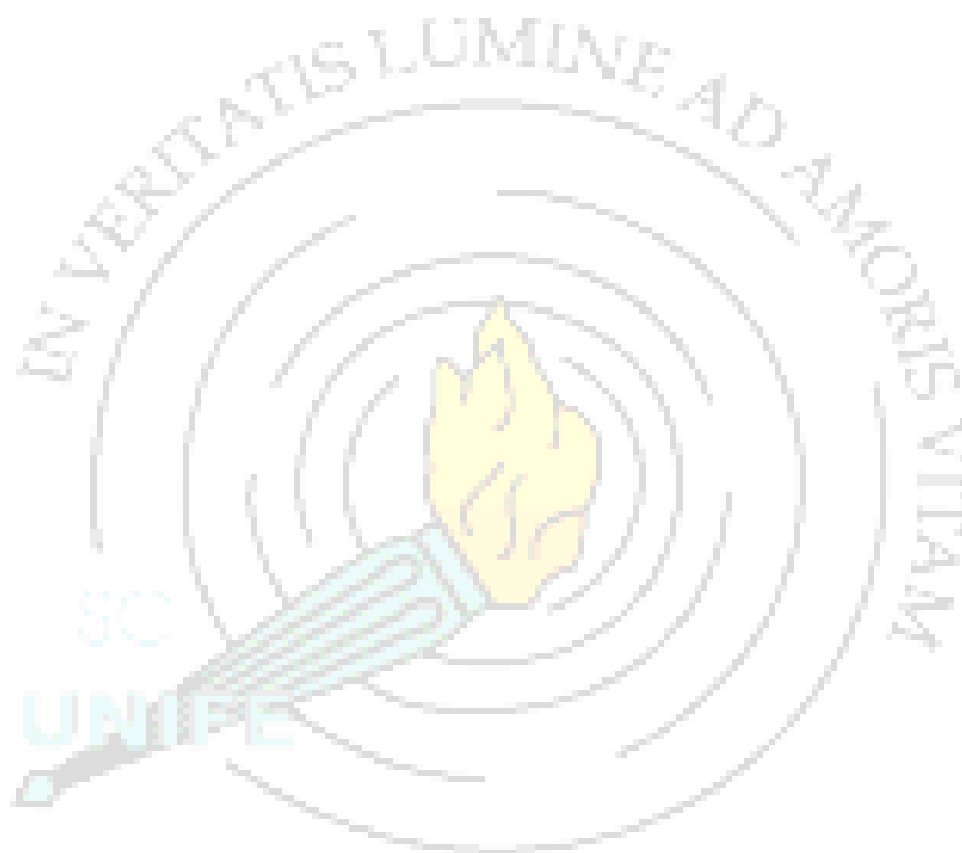
DNI: 06781130

Fecha: 26 de agosto de 2019

## APÉNDICE E

### DERECHOS DE AUTOR

La autora de la presente tesis expresa que mediante comunicación electrónica con el autor del instrumento original TALQ, Theodore Frick de la Indiana University Bloomington, este informó que el instrumento puede ser usado por cualquier persona con propósitos educacionales no lucrativos, incluyendo su uso en investigaciones en las que se evalúe la instrucción.



## APÉNDICE F

### DOCUMENTO DE AUTORIZACIONES

La presente investigación fue conducida por la Mg. Elena Roxana Saona Betetta. Los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto de la aplicación de un programa de enseñanza basado en la neurociencia en los aprendizajes y proponer un plan de mejora al programa de enseñanza inicialmente elaborado, cuya autora es Rocío Leslie Arista Alarcón.

La muestra de investigación fue constituida por 23 estudiantes en el grupo experimental y 25 estudiantes en el grupo de control, estudiantes del curso Mecánica de fluidos I de la carrera de Ingeniería civil de una universidad pública de Lima.

Para la realización de esta investigación se solicitó la autorización del Decano de la facultad, a fin de que la autora de la presente tesis dicte en dos salones del mencionado curso y que los estudiantes respondan a un instrumento que es la traducción y adaptación del instrumento TALQ en un tiempo de 25 minutos tanto al inicio como al final del curso.

Asimismo, los estudiantes firmaron el consentimiento informado para recoger información acerca de las variables de estudio. Cabe resaltar que se obtuvieron los datos de manera confidencial y para su uso únicamente dentro de los fines de la presente investigación.

Esta investigación permitió obtener información acerca del efecto de un programa de enseñanza basado en la neurociencia en los aprendizajes, con enfoque en su calidad, en este caso con aplicación a un curso determinado. Este programa fue mejorado y podrá ser luego aplicado en otros cursos de la carrera

de Ingeniería civil y otras carreras si es considerado indicado. Por esta razón, la participación de los estudiantes en ambos grupos fue muy valorada y apreciada.

