

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

ESCUELA DE POSGRADO



Desarrollo de la competencia de Resolución de problemas complejos a través del diseño instruccional y el trabajo colaborativo en un curso de Ingeniería, en una universidad privada de Lima

Tesis para optar el grado de Magíster en Docencia Universitaria que presenta:

José Hernán Cabrera Winkelried

Asesor:

José María Espinoza Bueno

Lima, 2022

Declaración jurada de autenticidad

Yo, José María Espinoza Bueno, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulado Desarrollo de la competencia de Resolución de problemas complejos a través del diseño instruccional y el trabajo colaborativo en un curso de Ingeniería, en una universidad privada de Lima, del autor José Hernán Cabrera Winkelried, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 10%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 29/11/2022.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Cusco, 06 de noviembre de 2022.

Apellidos y nombres del asesor: Espinoza Bueno, José María	
DNI:41385381	Firma: 
ORCID: 0000-0002-2626-4106	

DEDICATORIA

A mi esposa e hijos por su permanente motivación y apoyo en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTO

A Dios quien ha sido mi guía, a mis docentes y asesores por su compromiso, estímulo y su permanente apoyo para la realización del presente trabajo.

RESUMEN

La implementación de un enfoque de aprendizaje por competencias en un curso de ingeniería que tradicionalmente se ha venido enfocando por objetivos significa muchos desafíos para los docentes y estudiantes involucrados, ya que para los docentes implica cambios en la forma de enseñar y en mayor grado para los estudiantes que deben adoptar en su manera de aprender una forma activa y reflexiva, y así constituirse en el centro de su propio aprendizaje. Para ello, la presente investigación tiene como objetivo analizar cómo un diseño metodológico cualitativo de investigación acción, aplicado a la parte práctica de un curso de ingeniería, basado en la adopción de un modelo de diseño instruccional y la resolución de un problema complejo de forma colaborativa repercute en el resultado de los aprendizajes de los estudiantes.

Las conclusiones de la investigación permiten verificar que los resultados de aprendizajes esperados han sido significativos, que el trabajo colaborativo y el diseño instruccional aplicado han permitido a los estudiantes alcanzar los logros establecidos y dar solución a los problemas complejos planteados.

Palabras clave:

Competencias, aprendizaje activo, diseño instruccional, trabajo colaborativo y problemas complejos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
ANÁLISIS Y REFLEXIÓN DE LA PRÁCTICA DOCENTE	1
1.1. CONTEXTO UNIVERSITARIO, DE LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS Y DE LA PRÁCTICA DOCENTE	1
1.1.1 Indagaciones para la innovación	6
1.1.2 Resultados de indagaciones previas en el curso de Mecánica de Fluidos	7
1.1.3 Innovaciones en ingenierías en la institución educativa.....	10
1.2 EL TRABAJO COLABORATIVO EN CARRERAS DE INGENIERÍA	12
1.3 LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMPLEJOS EN CARRERAS DE INGENIERÍA	14
1.4 INNOVACIÓN EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA	16
1.5 DISEÑO INSTRUCCIONAL PARA PROBLEMAS COMPLEJOS	25
1.6 PROBLEMATIZACIÓN	29
CAPÍTULO II	32
PROYECTO DE INNOVACIÓN EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA	32
2.1. RESUMEN DEL PROYECTO Y DATOS GENERALES	32
2.2 JUSTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL PROYECTO	35
2.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN	37
2.4 DESCRIPCIÓN NARRATIVA DE LA PROPUESTA DE INNOVACIÓN	40
CAPÍTULO 3	45
DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN - ACCIÓN	45
3.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA	45
3.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS	45
3.2.1 Método de investigación seleccionado.....	46
3.3 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	50
CAPITULO 4	55
ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
4.1 ANÁLISIS	55
4.2 ORGANIZACIÓN DE LAS EVIDENCIAS	56

4.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS EVIDENCIAS	69
4.3.1 De los diarios docentes	69
4.3.2 De las rúbricas	77
4.3.3 De la encuesta a estudiantes.....	80
CAPÍTULO V – CONCLUSIONES.....	84
5.1 CONCLUSIONES A PARTIR DE LOS RESULTADOS	84
5.1.1 Del diseño instruccional aplicado a la innovación.....	84
5.1.2 En relación con el trabajo colaborativo.....	87
5.1.3 Evaluación de la ejecución de los problemas complejos	89
5.1.4 Evaluación para el aprendizaje, seguimiento y retroalimentación	90
5.1.5 Reflexiones sobre el rol docente y la figura del jefe de práctica	92
5.2 LA INNOVACIÓN Y LA MEJORA DE LA PRÁCTICA.....	93
5.3 RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	105
ANEXO A - Cronología de la investigación	106
ANEXO B - Problemas a ser resueltos por los alumnos	110
ANEXO C – Instrumento del cuestionario	117
ANEXO D - Fichas de registro de ocurrencias	119
ANEXO E - Rúbricas para primera etapa (Contextualización del problema).....	120
ANEXO F - Rúbricas para segunda etapa	129

CAPÍTULO I

ANÁLISIS Y REFLEXIÓN DE LA PRÁCTICA DOCENTE

1.1. CONTEXTO UNIVERSITARIO, DE LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS Y DE LA PRÁCTICA DOCENTE

El presente estudio está enmarcado en una universidad privada de Lima que cuenta con diez especialidades de ingeniería reunidas en una Facultad de Ciencias e Ingeniería. Los cursos de Mecánica de fluidos que se desarrollan en la facultad tienen diferentes características según la carrera a la que se oriente su dictado; así, por ejemplo, para la carrera de Ingeniería Mecánica el curso tiene un sílabo y para la carrera de Ingeniería Civil tiene otro diferente, sin embargo, todos los planes de estudio y los sílabos de los cursos que los sustentan se deben ajustarse al modelo educativo de dicha universidad.

Estatutariamente, el modelo educativo de la entidad académica tiene una marcada orientación a la formación integral y humanista, la cual se integra a la constante búsqueda de excelencia académica dentro de los quehaceres esenciales de la universidad: docencia, investigación y responsabilidad social. En ese sentido, la formación integral supone que los estudiantes cultiven tanto sus capacidades intelectuales, analíticas, críticas y reflexivas como las artísticas, físicas y espirituales y la excelencia académica refiere a la exigencia disciplinar, rigurosidad científica y coherencia ética.

En lo referente al aprendizaje, la institución lo define como un proceso de interacción entre estudiantes, saberes, docentes y contexto social y que esta interacción permite la adquisición y dominio de una serie de conocimientos, teorías, habilidades y actitudes que permiten enfrentar con éxito problemas de diversa naturaleza (PUCP, 2021). Así mismo para lograr esta interacción, propone un modelo curricular por competencias y desde hace algún tiempo las Facultades vienen adoptando y

adaptando este modelo a la naturaleza concreta de su disciplina, a la definición de sus perfiles de egreso y a la elaboración de sus planes de estudio. Los perfiles consignarán entonces las competencias específicas de la carrera, así como las transversales o comunes a toda la institución.

En el caso de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, específicamente las especialidades de Civiles y Minas han venido adoptando el modelo de enseñanza aprendizaje por competencias, aunque en el sílabo oficialmente lo han implementado recién para el semestre 2021-2. En adición a las competencias propias de la especialidad que considera el razonamiento matemático, la investigación y la participación en proyectos, se deben cubrir las transversales que consideran los aspectos del aprendizaje autónomo, comunicación eficaz, trabajo en equipo, ética y ciudadanía (PUCP, 2016a).

Adicionalmente los sílabos en Ingeniería deben considerar un “enfoque programa” que propone una visión compartida por los responsables académicos y los docentes (PUCP, 2019, p.12 - 13).

A continuación, se describen las principales características de la gestión curricular de una especialidad que tiene en cuenta la participación del cuerpo docente; es decir, un enfoque de programa:

- Promueve una gestión curricular colaborativa y concertada de la especialidad, considerando como eje el proyecto formativo. En ese sentido, las responsabilidades y las decisiones son dialogadas y discutidas entre todos los actores esenciales.
- Fomenta que los docentes compartan una visión acerca de su proyecto formativo. Así, el cuerpo docente toma decisiones sobre la especialidad y no únicamente con relación al curso.
- Organiza los cursos de un plan de estudios en una secuencia planificada, de manera que la probabilidad de repetición, sobrecarga o insuficiencia de contenidos o evaluaciones es menor. Para que ello ocurra, es necesario generar espacios de coordinación de una misma área curricular.

- Enfatiza la integración de los aprendizajes en lugar de centrarse en conocimientos por compartimentos, ya que los docentes participan del diseño e implementación del perfil y del plan de estudios de manera consensuada.

Las características del “enfoque programa” se han aplicado al Plan de Estudios vigente de la carrera de Ingeniería Civil (PUCP, 2016b) y los sílabos han sido diseñados en coordinación con el área curricular correspondiente, en ese sentido, el sílabo para el curso de Mecánica de Fluidos está actualizado y no requerirá modificaciones.

En cuanto a la manera como tradicionalmente se ha dictado la teoría de los cursos en ingeniería, en la mayoría de los casos, los docentes aplican el método expositivo haciendo las demostraciones y el desarrollo típico de ejercicios en el aula por cada tema expuesto y el cierre de clases con consultas, preguntas y respuestas. Hay coordinación entre profesores cuando el curso tiene más de un horario, siendo el sílabo el mismo para todos los horarios. En este caso las coordinaciones se concentran en fijar el nivel del curso y las modalidades de las evaluaciones las cuales suelen ser unificadas para los diferentes horarios, así como los contenidos de las prácticas y los exámenes. Asimismo, en algunos temas se coordina la resolución de problemas relevantes y la visualización de algunos vídeos que deben ser resueltos y revisados en el curso. Los aspectos mencionados han sido tratados también durante la época de la pandemia (El Comercio, 2020) no obstante, la rotación de los profesores. Sin embargo, la coordinación para las labores de dictado no ha sido muy articuladas entre docentes del mismo curso, razón por la cual existe un sesgo personal al grado que cada docente puede tener su propio estilo y utilizar su propio material.

El apoyo para el desarrollo de la parte práctica del curso es proporcionado por los jefes de práctica, que son asistentes contratados para cubrir las cuatro prácticas que se programan para el semestre (denominadas “prácticas quincenales”), siendo sus funciones las de apoyo personalizado (asesoría, guía) a los estudiantes durante la resolución de los ejercicios que constituyan las prácticas. Adicionalmente, se encargan de la calificación de las prácticas y de la retroalimentación de las mismas,

siendo la evidencia las anotaciones de las calificaciones redactadas. El número de jefes de práctica por aula está estipulado en la normativa interna de la universidad y se considera uno por cada veinte alumnos, así por ejemplo, en un aula con cincuenta alumnos matriculados normalmente hay tres jefes de práctica.

Los exámenes son calificados por el docente y la retroalimentación va acompañada con la calificación de los mismos, en donde se indican los aciertos, las omisiones y los errores cometidos, si los hubiera. Complementariamente en aula, en la clase de teoría siguiente a la evaluación de la práctica o el examen, se revisan y repasan de forma genérica las soluciones, las cuales son comentadas y en la cual se absuelven consultas de los estudiantes.

En la época de pandemia se implementaron asesorías masivas, de dos horas de duración, antes de la realización de las prácticas quincenales como un soporte adicional a los estudiantes. Fueron efectuadas por un jefe de práctica y han consistido en la resolución de ejercicios y problemas en diferentes contextos sobre la temática a ser evaluada en la práctica quincenal. El trabajo desarrollado en las prácticas no representa puntaje para el estudiante y la asistencia no es obligatoria, siendo opcional la participación de los estudiantes.

La inasistencia a las asesorías hace que algunos estudiantes no alcancen los aprendizajes esperados para estos temas, ya que los problemas que se resuelven en las asesorías son seleccionados para mostrar en su resolución, algunos detalles importantes y puntuales de la asociación con la teoría expuesta en aula siendo el resultado, para el estudiante que no asiste a las asesorías, el no llegar a completar el aprendizaje objetivo del problema. En opinión de algunos docentes, la solución inmediata sería hacer obligatoria la asistencia a las asesorías, sin embargo, ello acarrearía consecuencias inmediatas sobre el número de créditos del curso y sobre el plan de estudios de la carrera. El tema ya ha sido tratado en varias oportunidades a nivel de la especialidad sin un consenso, quedando la solución en el terreno de las innovaciones que puedan realizarse en el aula.

Los estudiantes del curso, que se analiza en la presente investigación, lo estudian en el sexto ciclo semestral de la carrera, las edades oscilan entre los dieciocho y veintidós años siendo obligatorio para ellos el haber aprobado los cursos de Física y

Matemáticas para tener competencias previas que permitan una base conceptual y práctica para el óptimo desenvolvimiento en el curso.

El curso tiene dos partes bien marcadas, la teoría que se brinda de forma presencial o virtual en grupos de cincuenta estudiantes por cada horario del mismo, con una secuencia de tres horas semanales, durante dieciséis semanas completando cuarenta y ocho horas teóricas y la parte práctica que se desarrolla en ocho horas en el semestre. El curso se evalúa a través de dos exámenes de tres horas cada uno, tomándose un examen parcial a mitad del semestre y un examen final al culminar el semestre. La parte práctica se evalúa con cuatro sesiones prácticas quincenales de dos horas cada una, dos de ellas se dan antes del examen de medio semestre y las otras dos antes del examen de fin de ciclo. La calificación final en el curso se obtiene promediando las notas de los exámenes con las prácticas.

Todo lo explicado en cuanto al número y modalidad de las evaluaciones se calendariza al inicio del semestre de tal forma que los estudiantes lo tienen presente de forma permanentemente.

En cuanto al curso de Mecánica de Fluidos, el dictado en los últimos años se ha venido modificando con aplicaciones de innovaciones en la enseñanza aprendizaje más contemporáneas con la finalidad de ir adaptándose al aprendizaje por competencias, en el cual, por ejemplo, se desarrollaron presentaciones en vídeo para tratar el tema de Hidrocinemática aplicando el método de “Aula invertida”. Los vídeos mencionados se denominan “Clasificación del flujo” y “Teorías de Euler y Lagrange”. La estrategia para el desarrollo de la clase consistió en que los estudiantes debían revisar los vídeos antes de la clase presencial para ser discutidos los contenidos y complementada la teoría en aula. Los primeros semestres en que se aplicó esta propuesta, cuando los profesores que dictaban el curso habían sido los autores de los vídeos, la aplicación funcionó de acuerdo con lo programado. Posteriormente, debido a la rotación de profesores en el dictado del curso y al dictado de las clases a distancia originadas por la pandemia han ido adaptando la innovación inicial y su aplicación en aula; la cual se sigue dando, sin la metodología inicial completa y con los matices que han introducido los nuevos profesores del curso.

Otro asunto a tener en cuenta es que el curso de Mecánica de Fluidos se dicta en paralelo con otro curso obligatorio denominado Laboratorio de Mecánica de Fluidos, en cuyas prácticas los estudiantes realizan ensayos en el Laboratorio que afianzan y complementan la teoría del curso de Mecánica de Fluidos. Algunos semestres antes de la pandemia, los profesores desarrollaron experiencias virtuales en algunos de los ensayos que tradicionalmente se hacían en el laboratorio, considerando en estos desarrollos algunas innovaciones adicionales a la virtualización como el aprendizaje del alumno como centro de la enseñanza y que los estudiantes puedan prosperar en entornos digitales. Estas innovaciones aplicadas en el curso y actividades de laboratorio en los últimos años, en todos los horarios antes de la pandemia y durante la misma, han ido introduciendo a los profesores en la dinámica de revisar permanentemente la actividad docente y las aplicaciones de las innovaciones, teniendo en cuenta que el contexto de aplicación del curso está sujeto a permanentes cambios, reconociendo que los modos de aprender y su función se alternan con las nuevas herramientas y tecnologías de la información y comunicación para lo cual se debe preparar a los estudiantes para el autoaprendizaje.

1.1.1 Indagaciones para la innovación

Al revisar la literatura académica existente se puede observar que las tendencias o innovaciones en la docencia, en los últimos años, no sólo se centran en la introducción de metodologías innovadoras y buenas prácticas docentes, sino también “... por la necesidad de extender su impacto sobre el aprendizaje de los estudiantes” (Carrasco y De Corral, 2018, p. 159).

Así mismo, las características de estas innovaciones son las de haber pasado de una enseñanza centrada en el docente a una enseñanza centrada en el aprendizaje de los alumnos, es decir se trata de poner el énfasis en la persona que aprende.

A fin de orientar el objetivo del presente trabajo académico se han efectuado indagaciones a través de docentes familiarizados con el curso y cuya trayectoria asegure la calidad de las mismas. Las indagaciones se han realizado utilizando

herramientas adecuadas revisándose para este fin, las últimas innovaciones en la institución cuyos resultados han sido positivos para la mejora del aprendizaje.

1.1.2 Resultados de indagaciones previas en el curso de Mecánica de Fluidos

Con la finalidad de consensuar la posibilidad de una innovación que se pudiese aplicar al curso de Mecánica de Fluidos de manera objetiva y considerando a los actores involucrados a la problemática del curso, se programó una indagación con dos herramientas: la primera realizando una entrevista a dos docentes del curso y la segunda aplicando una encuesta a ocho jefes de práctica del mismo.

Los dos docentes entrevistados que habían venido dictando el curso en la institución, tenían experiencia en el dictado del curso no sólo en universidades de Lima y provincias del Perú sino también en universidades de Latinoamérica. La entrevista a los docentes se realizó de forma virtual cuyas características se muestran en el anexo A1 (Pautas para entrevista a docentes). Para la encuesta a los jefes de práctica, de los doce jefes de práctica encuestados, fueron ocho los que contestaron, todos eran egresados de la carrera de ingeniería con seis o más semestres consecutivos como jefes de práctica. Las características de la encuesta se muestran en el anexo A2 (Encuesta a jefes de práctica).

De lo extraído de la entrevista a los docentes y de la encuesta a los jefes de práctica se resume lo siguiente:

- a. Temporalidad: En cuanto al tiempo asignado al desarrollo del curso y a las evaluaciones, las cuarenta y cinco horas de clase y catorce horas de prácticas y exámenes, les parece suficiente a todos los entrevistados y encuestados. Consideran que, de haber alguna ampliación en algún tema, se tendría que compensar con la eliminación o reajuste de otros temas que habría que definir. Este aspecto no parece tan complicado siendo posible ser manejado con diseños adecuados de las modificaciones y sus respectivas evaluaciones. La idea es tratar

de que las evaluaciones sean formativas y no sólo acumulativas (Stobart, 2010). Este tema se tendría en cuenta en la innovación.

- b. Metodología: La opinión general de los entrevistados es que la metodología aplicada en la enseñanza del curso es la adecuada, sin embargo, estiman pertinente hacer innovaciones en algunas partes del curso para aplicar un grado conceptual más complejo. Así por ejemplo en el caso de utilizar la metodología de “aprendizaje invertido” en algunas partes del curso, su diseño debe ser completo, incluyendo materiales, vídeos y separatas, evaluando y retroalimentando oportunamente lo aprendido/enseñado. La idea es coordinar con los docentes involucrados para evitar el trabajo en solitario (Ravela, 2017).
- c. Práctica: En lo que respecta a las prácticas del curso, los docentes y jefes de práctica consultados hicieron las siguientes sugerencias específicas;
- propugnar solución a problemas con el uso de Solver de Excel.
 - resolver proyectos o problemas complejos ensayando su resolución con trabajos grupales de cuatro o cinco estudiantes,
 - los trabajos deben ser resueltos por los estudiantes a domicilio, con guía y asesoría docente.
 - remodelar las prácticas para garantizar la solución de problemas complejos, y el modo de resolverlas tendiendo al aprendizaje autónomo y el trabajo colaborativo.
- d. Retroalimentación: Los docentes opinan que habría que diversificar la manera y oportunidad de aplicarla y adecuarla a las innovaciones que se impongan. Es decir, cada sistema de evaluación diseñado para una innovación tendrá su propia rúbrica y manera de retroalimentar los conocimientos adquiridos.

Vale la pena aclarar que el diseño de la entrevista a los docentes y la encuesta a los jefes de práctica tuvo preguntas de carácter muy general y se realizó cuando estaba en proyecto hacer una innovación en la parte teórica del curso, sobre lo cual se

entendía que el docente investigador aplicaría la innovación en el curso a dictar en el semestre 2021-2. Sin embargo, al no ser programado en el dictado del curso para dicho semestre, se reorientó el tema de investigación a la parte práctica del mismo, siendo permitida esta licencia por parte de la Facultad, del área de coordinación del curso y de los profesores destacados para el dictado del semestre 2021-2 para poder aplicar la innovación.

De las muchas y muy variadas recomendaciones recogidas de ambas indagaciones a ser tomadas en cuenta como tema para una nueva visión de la innovación, que se puedan ajustar al tiempo de aplicación de la misma y tengan características de ser una innovación susceptible de ser ejecutada sin tener que recurrir a cambios curriculares, nos concentramos en los siguientes aspectos tomados del Anexo A4 (Informe de indagación y problemática).

1. Considerar innovaciones que permitan que el estudiante asuma un rol más activo en su aprendizaje.
2. Contextualizar los problemas en clases y que se haga lo mismo en los problemas a ser resueltos por los alumnos en sus prácticas.
3. Adoptar las innovaciones como estrategia para las prácticas, los trabajos colaborativos y los sistemas de retroalimentación inmediatos para reforzar los conceptos relevantes del curso y resolver problemas complejos al menos en una parte del sistema de prácticas del curso.
4. Aprovechar la remodelación de parte de las prácticas para propiciar el aprendizaje autónomo, de ser posible.

Otras indagaciones efectuadas sobre la progresión del sílabo del curso y de la programación del mismo en los últimos semestres nos muestran que no se han registrado trabajos grupales programados para el curso de Mecánica de Fluidos y que el sílabo cuya vigencia tendrá efecto a partir del año 2021-2 señala que se debe atender a la promoción de trabajos grupales y a la competencia: C1 “Diseña y gestiona proyectos de infraestructura tomando en cuenta la normativa vigente, las condiciones del entorno y el

impacto ambiental, con criterios de seguridad, economía, utilidad y funcionalidad.” (PUCP, 2016c)

1.1.3 Innovaciones en ingenierías en la institución educativa

En la institución, en el área de Ingeniería, se vienen efectuando innovaciones en la docencia relacionadas con el aprendizaje por competencias desde el año 2015, en las que se pueden observar diversidad de enfoques, de metodologías empleadas y de teorías de la educación sobre las que se han apoyado estas innovaciones (PuntoEdu, 2015).

Así podemos mencionar las modificaciones en las prácticas del laboratorio de Mecánica de Fluidos, sobre la cual se han tomado dos de los tres ejes educativos de la institución: docencia e investigación, aplicadas a gran número de estudiantes, con capacidad limitada de espacio, poco tiempo asignado a los estudiantes en el uso del laboratorio y mucha cantidad de tiempo consumido por ellos para la elaboración de sus informes de laboratorio. Sobre el mencionado escenario, con la creación de modelos computacionales y uso de software comercial, experimentos virtuales y la metodología de aprendizaje invertido, se logró mejorar la calidad y tiempo de ejecución de las experiencias de laboratorio (Gutiérrez, R. y Cabrera, J., 2017). Esta modificación se ha estado aplicando en los últimos semestres y con algunas modificaciones durante la época de pandemia. Otra innovación relevante se dio en el curso de Gestión de Tránsito, donde el docente, al no poder reconocer las inteligencias múltiples ni las diferentes formas en que aprenden los estudiantes con las metodologías de la enseñanza tradicional de las clases magistrales y con el objeto de tener estudiantes auto reflexivos, ensayó una innovación combinando las tecnologías de información y comunicación con las teorías de Gardner (inteligencias múltiples) y Montessori (las diferentes formas en que aprenden los estudiantes) aplicadas a los trabajos de campo del curso (Cabrera, F., 2017).

La manera como se desarrolló la innovación se describe en tres etapas, siendo la primera en el salón de clases, donde se utilizaron explicaciones magistrales activas para presentar conceptos e introducir actividades, además se estableció un acercamiento con los estudiantes mediante actividades grupales colaborativas presentando un tema y

trabajando con planos de proyectos reales de ingeniería. La segunda forma de aprendizaje es mediante el uso de las TIC, específicamente vídeos preparados por el docente para presentar conceptos junto con los programas (software) Camtasia, Studio y Vissim, que son programas disponibles en el laboratorio de cómputo de la institución. Los estudiantes aplicaron los programas, de forma individual a nuevos casos, lo que les permite autoevaluarse y llegar por el método de prueba y error a la interiorización de los conceptos. En la tercera forma, los estudiantes realizaron trabajos de campo, de manera grupal, recabando información y recolectando datos: así se convierten en parte del sistema que tratan de analizar y diseñar: la calle. En este caso, todo es real y se aprende de hechos o materiales concretos, ya que los problemas de tránsito no se pueden resolver sólo desde el escritorio.

La innovación se aplicó a 30 estudiantes del curso y los resultados fueron exitosos en acercar a los estudiantes a los problemas reales y complejos. El curso Gestión de Tránsito, que en el plan de estudios es electivo y se dicta con cierta frecuencia, sigue siendo aplicado con la metodología aquí descrita.

En esta misma línea, un grupo de profesores de diferentes especialidades en ingeniería, crearon un plan piloto para ser aplicado a cualquier curso que quisiera utilizar el método de instrucción por pares (peer instruction) Para cubrir este objetivo el proyecto desarrolló una herramienta TIC docente denominada: Profepplus. Las pruebas piloto realizadas en 2016, en un curso de física del pregrado de ingeniería en la institución, mostraron resultados positivos, al “elevar la confianza en el desarrollo de competencias y mejorar la apreciación del docente” (Moscoso R., Vera Gutiérrez, C y Guerra, R., 2017, p. 209). Esta innovación ha tenido un desarrollo exitoso y se ha llegado a aplicar en otras universidades de Perú. Actualmente el equipo docente viene haciendo modificaciones para su internacionalización.

Otra innovación desarrollada por un grupo de docentes motivados por el objetivo de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de los principios fundamentales de la Mecánica de Materiales para estudiantes de ingeniería bajo la premisa de priorizar el aprendizaje de los conceptos antes que la solución mecánica de problemas innecesariamente

complicados consistió básicamente en el diseño y elaboración de diferentes recursos didácticos, utilizando materiales sencillos y modelos simples que ayudaron a los estudiantes a visualizar los esfuerzos y deformaciones de los cuerpos. Adicionalmente, introdujeron el uso de herramientas computacionales de vanguardia en la resolución de problemas propios del curso. La aplicación de la innovación logró mejorar el aprendizaje, alentar el trabajo colaborativo y se observó un desarrollo en la comunicación oral y escrita de los estudiantes (Blondet, M., Huapaya, C, y Velásquez, J., 2018).

La aplicación de esta metodología basada en el uso de los recursos materiales creados, perdió un poco su efecto con el advenimiento de la pandemia, sin embargo, con algunas adaptaciones se ha podido continuar con su aplicación.

1.2 EL TRABAJO COLABORATIVO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

Las estrategias educativas que han estado vigentes en ingeniería en los últimos años como conferencias, experiencias de laboratorio y los trabajos personales a domicilio han sido criticadas porque preparan inadecuadamente a los estudiantes de ingeniería para participar en las asociaciones de colaboración que en la actualidad son esenciales para el ingeniero en ejercicio (Kalonji, 2005).

Los métodos mencionados, también han sido criticados porque promueven el aprendizaje pasivo y forman parte de un plan de estudios compartimentado que puede no preparar a los estudiantes para las innovaciones y las funciones flexibles de los ingenieros en la sociedad actual (Duderstadt, 2008).

En esta línea, la colaboración es un componente requerido por la acreditación ABET e ICACID (Ortega, C.; Garcés, A. y Ruiz, A., 2017) cuando se refieren a los planes de estudios de las diversas especialidades de ingeniería.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que, si bien las investigaciones han demostrado que el aprendizaje colaborativo influye positivamente en el rendimiento del estudiante, sin embargo, algunos aspectos como la relación entre la motivación, las estrategias de aprendizaje colaborativo y el rendimiento no están bien estudiadas en un contexto de

educación en ingeniería (Stump, G., Hilpert, J., Husman, J., Wen-Ting, C. and Kim, W., 2013).

El trabajo colaborativo en la educación es un método de enseñanza-aprendizaje donde el docente se involucra de forma activa con sus alumnos la cual basándose en el diálogo, la comunicación, la explicación y la negociación estimula al estudiante al aprendizaje. Es muy importante considerar que un contexto de interacción y cooperación social resulta muy estimulante para el desarrollo del pensamiento crítico, en consecuencia, la interacción y participación por parte del estudiante, así como las acciones tutoriales, son estrategias y actuaciones dirigidas a la adquisición de competencias y a la consecución de los objetivos de aprendizaje establecidos por las titulaciones (Cotán Fernández, A., García-Lázaro, I., y Gallardo-López, J., 2021).

Las características del trabajo colaborativo como el diálogo, que permite contrastar puntos de vista y opiniones, la interacción entre la reflexión y el pensamiento crítico el cual da como resultado la adquisición de nuevos conocimientos también de forma complementaria fomenta el sentimiento de solidaridad y respeto mutuo entre los alumnos y hace que el rol del docente se vuelva esencial, pues es él quien debe implementar, coordinar y orientar el trabajo colaborativo en el salón de clases.

Así mismo es importante recalcar que el aprendizaje colaborativo permite darles a los estudiantes la oportunidad de participar en la discusión, asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje de manera que se conviertan en pensadores críticos (Gol, O., Nefalsky, A., 2007).

Por su parte, el trabajo colaborativo, gracias a internet y las herramientas que las tecnologías de la información y la comunicación han puesto a nuestra disposición, ha tomado una nueva dimensión y la aplicación de estas herramientas en la educación toman como objetivo general el compartir y producir conocimientos de una manera alturada y sin egoísmos, siendo esto último más importante que la optimización de los resultados del trabajo mismo. Las dinámicas del trabajo colaborativo permiten que figuras como la del líder o coordinador surjan espontáneamente, y no sean definidas rígidamente constituyéndose en una forma de trabajo más flexible que permite lograr resultados

diferentes (no necesariamente mejores) que el trabajo en equipo (Rodríguez, R. y Espinoza, L.,2017). .

Otra virtud que acarrea el proceso de trabajo colaborativo y que abona en el proceso formativo del estudiante es que requiere la coordinación de horarios, documentos, fechas límite y entregables, el contar con un espacio dedicado al trabajo grupal, cosa que suele ser un bien escaso (Finger, S., Gelman, D., Fay, A. & Szczerban, M., 2007) y que en la situación actual viene siendo reemplazado por las reuniones virtuales y en el mejor de los casos por un aula virtual.

El conjunto de herramientas interoperables de un repositorio institucional (foros, wikis, portafolios, entre otros) permite compartir la información de una manera grupal y colabora con el aprendizaje de los estudiantes. Su interfaz promueve la natural actividad de sus usuarios, manteniendo así el trabajo colaborativo, las reuniones fluidas y la energía sostenida.

Adicionalmente podemos mencionar que el enfoque pedagógico centrado en la comprensión de lo que el alumno estudia es más importante que la memorización (Mayer, 2004) y que las interacciones del trabajo colaborativo como la validación de aprendizajes, la corrección o ampliación de las comprensiones provisionales que los estudiantes han realizado en su actividad previa de estudio, el fomento de competencias comunicativas y de pensamiento superior, o la ayuda en la transferencia y aplicación de los contenidos a situaciones similares al ejercicio profesional, superan largamente a la memorización (Maldonado, M., 2007). Por esta razón, las actividades que docentes y estudiantes protagonizan colaborativamente en el aula son aquéllas que promueven la reflexión, el análisis y la discusión más que la instrucción mecánica y reproductora.

1.3 LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMPLEJOS EN CARRERAS DE INGENIERÍA

Desde el ciclo 2021-1, la carrera de Ingeniería Civil viene implementando un nuevo plan de estudios, lo cual contempla un ajuste en el perfil profesional, el currículo o plan de estudios y los sílabos de los cursos. Los Objetivos educacionales y los Resultados del

Estudiante, que estaban vigentes hasta el semestre anterior, actualmente se ven reflejados en las competencias que debe alcanzar un egresado al final de sus estudios. El sílabo del curso materia de la presente innovación, modificado por el nuevo plan de estudios, señala que el curso debe contribuir, entre otros, al logro de la siguiente competencia: Diseño y gestión de proyectos de infraestructura tomando en cuenta la normativa vigente, las condiciones del entorno y el impacto ambiental, con criterios de seguridad, economía, utilidad y funcionalidad. Esta competencia compulsada con los resultados del estudiante exigida por las acreditadoras se refiere directamente a la “habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería complejos mediante la aplicación de principios de ingeniería, ciencias y matemáticas” (PUCP, 2016b).

En lo referente a la resolución de problemas y considerando en general que un problema surge cuando se quiere llevar algo de un estado inicial a uno final y existe más de una manera de hacerlo, en cualquier rama de la Ingeniería se considera que el egresado debe ser básicamente un *solucionador de problemas*, o el mediador por el cual éste aplica su conocimiento especializado, sus habilidades y destrezas, sus competencias y su punto de vista a las soluciones de determinados problemas de la sociedad y de la humanidad en general (Krick, E.V., 1980).

Lamentablemente gran parte de los planes de estudio de ingeniería no preparan adecuadamente a los estudiantes para resolver problemas complejos o no muy bien estructurados y el método de resolución de problemas desarrolla habilidades en los alumnos para cubrir estas deficiencias (Buie, 2018). El aporte de la innovación debe orientarse a cubrir la parte que le corresponde en las prácticas del curso modificado. Como ejemplo podemos destacar el caso de más de una solución, en alguna parte del problema, donde el estudiante debe prepararse para sustentarlas o en el mejor de los casos, optar por una de ellas, justificando su decisión.

Es importante resaltar que tanto el mecanismo de enseñanza como las herramientas para aplicar el uso de las metodologías de resolución de problemas pueden y deben estar completamente alineados. En general, los problemas de aula suelen ser rutinarios y bien estructurados y más que problemas son “ejercicios” característicos de los libros de texto,

en cambio los problemas en el lugar de trabajo son a menudo complejos y muchas veces no estructurados. Para cerrar esta brecha es necesario aplicar el método de resolución de problemas en el curso (Jonassen et al., citado por Wedelin, 2015).

Adicionalmente, la resolución de problemas en ingeniería beneficia a los estudiantes a desarrollar sus capacidades transversales al aprender más por este medio sobre las emociones y sus impactos, la cultura, la diversidad y los sesgos cognitivos, que son tan necesarias en la sociedad actual (Ranade, S.M. y Corrales, A. 2013).

El método de resolución de problemas complejos en ingeniería requiere considerar una serie de acciones concatenadas que comienzan con la identificación del problema, el cual debe definirse en términos objetivos, pasar luego a la recopilación de la información necesaria, evaluando la disponible y completando la información faltante para contextualizarlo. Recién con esta información se puede pasar a la búsqueda de soluciones creativas según la naturaleza del problema y aplicando diversas técnicas operacionales de ser el caso, luego de lo cual se plantean soluciones preliminares, las cuales se evaluarán para seleccionar la preferente.

Bramsfort y Stein (1993), citados por Zona-López, J. R. y Giraldo-Márquez, J.D. (2017, p. 129), proponen el método IDEAL para definir la secuencia de las acciones para resolver un problema de ingeniería y que usando las iniciales de la palabra define: Identificación, Definición, Exploración, Actuación y Logros, como los pasos de su método, que no difieren mucho de la secuencia clásica mencionada líneas arriba, y el mismo Giraldo se refiere a Tamayo et al. 2014, p. 130) quien mantiene, con otros nombres, un esquema muy parecido.

1.4 INNOVACIÓN EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA

El concepto de innovación en educación se refiere a un sistema complejo de reflexión e intervención en diferentes estamentos de una institución educacional, con el objetivo de mejorar el aprendizaje de los estudiantes (Moreno, M., 2000).

Debemos reconocer en la idea de innovación un enorme grado de relatividad, debido a que se ve influenciada por concepciones ideológicas y epistemológicas acerca del proceso de enseñanza aprendizaje y acerca de las innovaciones educativas misma.

Algunas características relevantes de la innovación educativa son (Moreno, 2000):

- La innovación no solo implica algo nuevo, sino también prácticas utilizadas anteriormente, aplicadas a nuevas circunstancias o incorporando nuevos elementos.
- La innovación no es un acto sino un proceso, que involucra personas, situaciones e instituciones, estructuradas y orientadas a producir cambios.
- La innovación educativa debe reflejarse en prácticas educativas que mejoran la enseñanza-aprendizaje.

Para Jerez y Silva (2017), la innovación se entiende como un proceso intencionado que pretende provocar transformaciones e impactos reales y positivos sobre los aprendizajes de los estudiantes, el entorno y cultura institucional y la sociedad.

Una innovación educativa implica la implementación de un cambio significativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El cambio debe considerar a los materiales, métodos, contenidos y los contextos implicados en la enseñanza. La diferencia percibida debe estar relacionada con la calidad del elemento mejorado, la aportación de valor del mismo al proceso de enseñanza-aprendizaje y la relevancia que la innovación propuesta aportará a los grupos de interés (González, C y Cruzat, M.,2019)

La innovación educativa se puede dar en tres niveles que no hay que confundir: a nivel institucional, a nivel proyecto educativo o a nivel aula y dentro de esta última que es la que nos ocupa, hay la innovación que implica cambio y la que implica la mejora de la enseñanza (Jerez Yañez, O., Silva, C., Hasbún Held, B., Ceballos, E. y Rojas, M., 2017).

La innovación educativa a nivel de aula se basa más en metodologías o mejora de procesos y las realiza directamente el profesor con sus alumnos. En consecuencia, la innovación mejora el proceso de enseñanza aprendizaje contribuyendo a que el estudiante desarrolle un aprendizaje significativo, aprenda a ser crítico y analítico. Así mismo, el docente debe ser creativo y construir nuevas ideas para el proceso educativo, lo que también mejorará la calidad educativa.

Las experiencias innovadoras iniciadas por docentes a nivel individual o de grupos pequeños se relacionan con el aula y el curso, y responden a las necesidades de los

estudiantes y a las demandas profesionales. A estos procesos se les denomina "innovación emergente", puesto que parten de las iniciativas del profesorado para explorar nuevas maneras de manejar la clase, desarrollar proyectos en grupo e incorporar nuevas tecnologías, entre otros (Gros, B y Lara P., 2009).

En esta línea, la innovación debe propiciar e incorporar cambios, hacer ajustes y adaptaciones en la práctica docente, donde se considere necesario incorporar los nuevos conocimientos y recursos, así como orientar los esfuerzos para que estos cambios se consoliden con el tiempo (Del Mastro, 2015). Para que una innovación sea significativa, debe cubrir ciertas necesidades, en primer lugar, que los cambios propiciados sean justificados, que tengan ciertas características como flexibilidad adaptativa, actualización y que apunte a una mejora explícita, que se someta a un seguimiento y evaluación y que demuestre practicidad y compromiso (Zabalza, 2013). A partir de diversas investigaciones sobre los modelos de innovación en el ámbito empresarial y universitario, Lester y Piore (2004), consideran que podemos encontrar dos metodologías diferentes de innovación: analítica e interpretativa. (citados por Gros y Lara p. 226 - 227).

En el caso del análisis del presente trabajo de investigación, la innovación será iniciada teniendo en cuenta la información recabada en las herramientas de indagación, tomando del modelo analítico la idea de plantear la innovación en base a necesidades de los usuarios (estudiantes), y del modelo interpretativo en que la gestión se basa en la dirección del proceso (docente).

Uno de los aspectos más retadores de esta innovación es que para desarrollar adecuadamente este enfoque pedagógico es necesario que durante el trabajo de aula virtual el profesor aplique oportunas acciones de mediación y guía para sintonizar con el aprendizaje de los estudiantes, lo que abonará a su vez en su propio desarrollo docente.

Así mismo se considera que en el contexto de la educación universitaria basada en competencias, una metodología como la que se está tratando de desarrollar en el presente trabajo, debe significar una innovación que ayude a convertir al alumno en un protagonista de su aprendizaje y mejorar la calidad de su formación como profesional.

1.6 Resultados de aprendizaje en carreras de ingeniería

En la institución donde se dicta el curso Mecánica de Fluidos se ha modificado el sílabo del curso al pasar del semestre 2021-1 al 2021-2, debido al establecimiento de un nuevo plan de estudios en Ingeniería Civil. Sin embargo, al ser un curso básico en el área de Medio Ambiente y Recursos Hidráulicos, los cambios experimentados no han sido mayores sin embargo se debe de resaltar la modificación de los objetivos y su aplicación.

En el sílabo 2021-1, en objetivos del curso se señala que está orientado a capacitar al estudiante para:

- **Conocer** las propiedades físicas de los fluidos.
- **Determinar** magnitud y punto de aplicación de la fuerza resultante de un fluido en reposo sobre superficies planas y superficies curvas.
- **Aplicar** las ecuaciones de continuidad, de cantidad de movimiento, de energía y de momento de la cantidad de movimiento, para resolver situaciones de la mecánica de fluidos.
- **Utilizar** parámetros adimensionales y aplicar la semejanza dinámica en modelos hidráulicos experimentales.
- **Comprender** el efecto de la viscosidad sobre el flujo de un fluido, para caracterizar el flujo laminar y el flujo turbulento.
- **Comprender** la teoría de la capa límite y su aplicación en el cálculo de pérdidas de carga en el flujo a presión en tubería.
- **Calcular** pérdidas de carga continuas y pérdidas de carga locales del flujo permanente en tuberías.

- **Resolver** analíticamente redes abiertas y redes cerradas de tubería.

El curso contribuye al logro de los siguientes Resultados del Estudiante (RE):

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

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

En el sílabo 2021-2, en objetivos del curso se señala que está orientado a capacitar al estudiante para:

- **Conocer** las propiedades físicas de los fluidos.
- **Determinar** magnitud y punto de aplicación de la fuerza resultante de un fluido en reposo sobre superficies planas y superficies curvas.
- **Aplicar** las ecuaciones de continuidad, de cantidad de movimiento, de energía y de momento de la cantidad de movimiento, para resolver situaciones de la mecánica de fluidos.
- **Utilizar** parámetros adimensionales y aplicar la semejanza dinámica en modelos hidráulicos experimentales.
- **Comprender** el efecto de la viscosidad sobre el flujo de un fluido, para caracterizar el flujo laminar y el flujo turbulento.
- **Comprender** la teoría de la capa límite y su aplicación en el cálculo de pérdidas de carga en el flujo a presión en tubería.
- **Calcular** pérdidas de carga continuas y pérdidas de carga locales del flujo permanente en tuberías.
- **Resolver** analíticamente redes abiertas y redes cerradas de tubería.

El curso contribuye al logro de las siguientes Competencias:

C1. Diseña y gestiona proyectos de infraestructura tomando en cuenta la normativa vigente, las condiciones del entorno y el impacto ambiental, con criterios de seguridad, economía, utilidad y funcionalidad.

Como puede observarse, el cambio de objetivos en el sílabo del curso estriba en que, en el primer semestre del año 2021, el aporte del curso a los resultados del estudiante se

específica como dos: resolución de problemas complejos y habilidad para aplicar el diseño de ingeniería.

En el segundo semestre, el aporte del curso debe ser a una competencia: diseño y gestión de proyectos de ingeniería, definida por la facultad y el área de especialización en conjunto con los acreditadores.

En caso que el investigador no dicte el curso el segundo semestre, pero si vaya a aplicar la solución de un problema complejo en la parte práctica del mismo, en la parte final del curso (momento en que los estudiantes conocen buena parte de la teoría del curso) entonces el alineamiento entre enseñanza, aprendizaje y evaluación se orientará a la primera parte de la competencia enunciada en el sílabo 2021-2, en el entendido que dicha competencia cubre:

C1. Diseña y gestiona proyectos de infraestructura tomando en cuenta la normativa vigente, las condiciones del entorno y el impacto ambiental, con criterios de seguridad, economía, utilidad y funcionalidad.

Primera parte: 1. Diseña proyectos de infraestructura tomando en cuenta la normativa vigente, las condiciones del entorno y el impacto ambiental, con criterios de seguridad, economía, utilidad y funcionalidad.

Segunda parte: 2. Gestiona proyectos de infraestructura tomando en cuenta la normativa vigente, las condiciones del entorno y el impacto ambiental, con criterios de seguridad, economía, utilidad y funcionalidad.

De acuerdo a lo descrito, se ha sintetizado en la Tabla 1, las principales características del nuevo plan de estudios organizados según el análisis de los cursos obligatorios de la carrera como N1= Básicos, N2= Intermedios y N3= Avanzados.

Tabla 1*Codificación cursos de carrera*

NI = Básicos	N2 = Intermedios	N3 = Avanzados
CIV281	2CIV04	2CIV02
EST218	1CIV40	1CIV41
1ING14	2CIVO1	CIV226
CIV229	2CIV05	2CIV11
CIV275	CIV274	2CIV15
2CIV07	2CIV06	2CIV16
CIV277	2CIV08	1TIB34
2CIV10	2CIV03	2CIV17
CIV290	2CIV09	
1ING15	CIV294	
	2CIV12	
	2CIV13	

En términos generales se puede considerar que los cursos básicos aportan a la competencia en el nivel de conocimientos y comprensión, los intermedios adicionarán en cuanto a la aplicación y análisis y los avanzados deberían llegar a niveles de síntesis y evaluación, desde el punto de vista cognitivo y en relación con las categorías de Bloom, B. S. (1956).

Considerando que en la parte práctica del curso CIV274 se resolverá un problema complejo por medio del trabajo colaborativo, al final del mismo, en el plano cognitivo se podrá evaluar:

- Aplicación de los conocimientos de la Ecuación de la energía en el flujo en las tuberías ramificadas.
- Cálculo de pérdidas en conductos y accesorios.
- Determinar las dimensiones óptimas para las conducciones y reservorios considerados.
- Mostrar y organizar los resultados obtenidos.

En el plano subjetivo, la asimilación de actitudes y valores adquiridas por los estudiantes será observada y registrada por los jefes de práctica, tratando de enfatizar las categorías de: disposición, reacción, valoración, organización y caracterización; y en el plano psicomotor no es necesario ir más allá de la observación ya que el curso en ese tipo de problemas no requiere invadir las categorías de imitación, manipulación, articulación, etc.

Tratando de mostrar un alineamiento entre los resultados a evaluar y las estrategias a utilizar en la innovación, se ha preparado el siguiente cuadro siguiendo un modelo híbrido desarrollado tomando en cuenta las guías de las acreditadoras ABET, ICACIT Y ANECA, que es la que ha orientado la preparación del material para la aplicación de la innovación al curso y la carrera de ingeniería civil tal y como lo resume el alineamiento mostrado en la Tabla 2.

Tabla 2- Alineamiento entre resultados y estrategias del curso

<p>Resuelve proyectos de infraestructura tomando en cuentas las normativas vigentes, las condiciones del entorno, utilidad y funcionalidad.</p>		
Resultados de aprendizaje	Estrategias y acciones para alcanzar los Resultados de aprendizaje	Sistema de evaluación
<p>Presentar la solución de un problema complejo en el curso de Mecánica de fluidos, lo que implica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la ecuación de la Energía para situaciones del problema • Calcular pérdidas de carga para esas situaciones • Dimensionar analíticamente las conducciones y reservorios • Mostrar y organizar resultados 	<p>Para cubrir parcialmente la competencia de fin de carrera se han previsto las siguientes actividades de enseñanza aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exposición por parte del investigador del problema a resolver, formación de grupos y asignación de jefes de práctica • Reparto del trabajo a desarrollar en grupo, en sesiones asincrónicas con el jefe de prácticas. • Presentación de avances en reuniones síncronas semanales ante el investigador. • Búsqueda y consulta de bibliográfica, preparación de esquemas y propuestas para la solución. • Retroalimentación semanal, en base a las presentaciones y las consideraciones adoptadas en la solución. • Reuniones para integrar resultados y evaluar la participación de los estudiantes 	<p>10 % Presentaciones semanales del trabajo.</p> <p>40% Problema desarrollado en grupo (primera parte: contextualización).</p> <p>10% Actividades realizadas en sesiones tutorizadas.</p> <p>40% Presentación y sustentación del trabajo final en sesión síncrona.</p> <p>Criterios de evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Criterios adoptados para la contextualización • Integración de las fuentes consultadas • Aplicación de los conocimientos esenciales • Interacción y trabajo colaborativo (completar tareas, colaborar, negociar) • Presentación y sustentación de trabajos

1.5 DISEÑO INSTRUCCIONAL PARA PROBLEMAS COMPLEJOS

El objetivo del diseño instruccional es hacer que el aprendizaje sea más eficiente, más efectivo y menos difícil (Morrison, Gary R., 2010). A menudo, una instrucción bien diseñada ahorra tiempo y esfuerzo (Mayer, R. E. 1999). Ello se logra, asegura Dick, W., and Carey, L. (2004) siempre y cuando el proceso de enseñanza y aprendizaje tenga un propósito como un sistema en el que cada componente es crucial para un aprendizaje exitoso. El instructor, los estudiantes, los materiales, las actividades de instrucción, el sistema de entrega, los entornos de aprendizaje y desempeño interactúan y trabajan entre sí para lograr los resultados de aprendizaje deseados por los estudiantes. Los cambios en un componente pueden afectar a otros componentes, así como a los eventuales resultados del aprendizaje; el hecho de no tener en cuenta adecuadamente las condiciones dentro de un solo componente pueden arruinar todo el proceso de instrucción.

Por lo tanto, Dick and Carey (2004) definen el término instrucción de manera bastante amplia como una actividad con propósito destinada a causar, guiar o apoyar el aprendizaje. En ese sentido, la instrucción abarca actividades tales como conferencias/discusiones grupales tradicionales, ejercicios y prácticas, análisis de estudios de casos moderados en grupos pequeños, aprendizaje por descubrimiento individualizado o resolución de problemas en grupo mediada por herramientas digitales o no. Asimismo, se considera que la instrucción organiza y proporciona conjuntos de información, ejemplos, experiencias y actividades que guían, apoyan y aumentan los procesos mentales internos de los estudiantes (Morrison, 2010).

Un experto en la materia o instructor a menudo aborda el diseño de un curso desde la perspectiva del contenido, es decir, qué cubrir. Por el contrario, un diseñador instruccional aborda la tarea definiendo primero el problema y luego determinando qué conocimientos y habilidades se necesitan para resolver el problema instruccional (Dick and Carey, 2004). Por lo tanto, el objetivo del diseñador instruccional es diseñar y desarrollar instrucción que mejore el desempeño de la manera más eficaz y eficiente.

Según Morrison (2010) los beneficios de utilizar un enfoque de diseño instruccional para desarrollar una formación son:

- Primero, el diseño instruccional asegura el lograr el objetivo en un menor tiempo.
- En segundo lugar, el diseño instruccional es un proceso para resolver deficiencias de habilidades y conocimientos.
- En tercer lugar, un diseño instruccional efectivo da como resultado el mejor logro de los aprendizajes esperados.

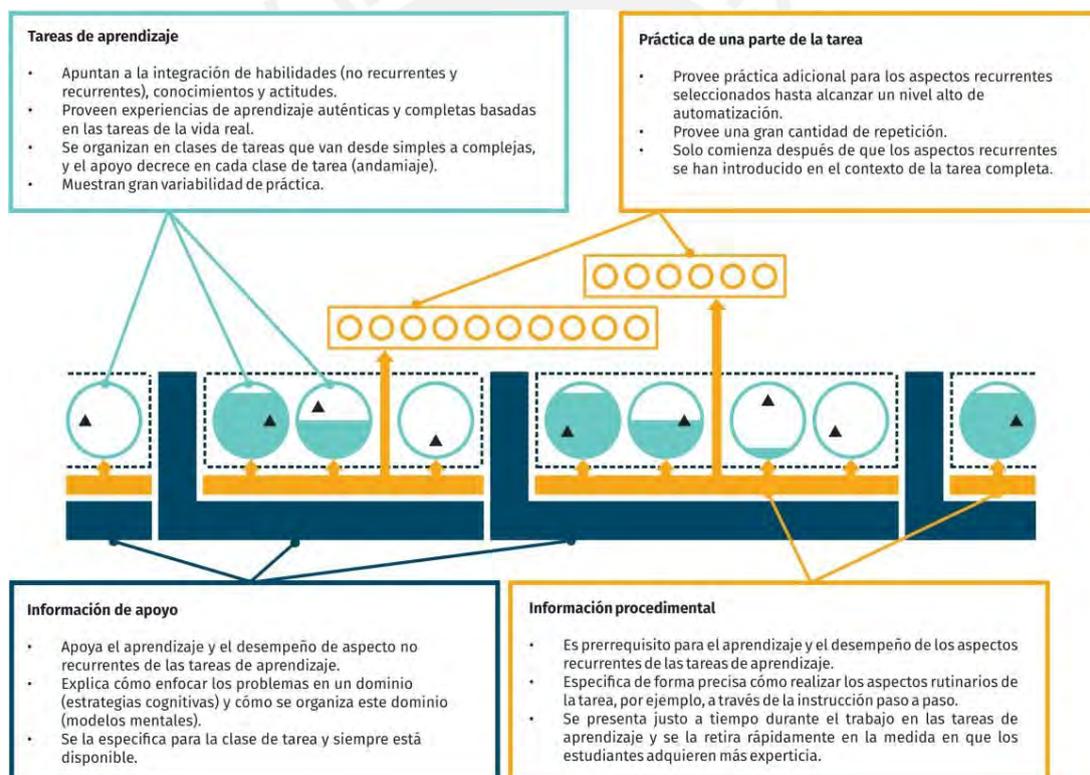
Según Dick and Carey (2004) el diseño instruccional está definido por dos modelos pedagógicos: el modelo cognitivista, influido por el trabajo de Robert Gagné, y el modelo constructivista. Desde el punto de vista cognitivo, menciona el autor, la instrucción se considera como un proceso que organiza y proporciona conjuntos de información, ejemplos, experiencias y actividades que guían, apoyan y aumentan los procesos mentales internos de los estudiantes. En cambio, sobre el pensamiento constructivista, menciona que es la visión del aprendizaje como un producto único construido por cada estudiante individual que combina información y experiencias nuevas con el conocimiento existente. En ese sentido, los individuos aprenden mediante la construcción de nuevas representaciones mentales de los entornos sociales, culturales, físicos e intelectuales en los que viven. Ello debido a que el aprendizaje en la visión constructivista está tan entrelazado con las experiencias personales, un papel principal del docente es crear entornos de aprendizaje apropiados, es decir, contextos sociales o tecnológicos en los que el aprendizaje de los estudiantes se basa en interacciones con representaciones auténticas de prácticas reales (Mayer, 1999).

La literatura sobre los modelos o enfoques de diseño instruccional son varios. A continuación, presentaremos el modelo instruccional de los cuatro componentes de diseño instruccional (4C/ID) desarrollado en 2019 por Van Merriënboer, J. J. G., que se ajusta a las tendencias actuales de la educación y a los propósitos de la presente investigación debido a que:

- Se enfoca en el desarrollo de habilidades complejas (competencias).
- Propone el diseño y creación de escenarios y situaciones de aprendizajes auténticos.
- Desarrolla habilidades para el Siglo XXI.

En la siguiente imagen presentamos el modelo instruccional 4C/ID para el desarrollo de problemas complejos:

Figura 1
Cuatro componentes



Nota: El modelo de los cuatro componentes del diseño instruccional (2019).

El modelo 4C/ID tiene como objetivo ayudar a los diseñadores de la instrucción con el desarrollo de programas educativos para enseñar habilidades complejas o competencias profesionales. Este modelo describe a los programas educativos como construcciones a

partir de cuatro componentes: (1) tareas de aprendizaje, (2) información de apoyo, (3) información procedimental y (4) práctica de partes de la tarea.

En este sentido, para efectos del estudio se tomará como referencia el modelo de los cuatro componentes para el diseño instruccional (4C/ID). Este modelo proporciona un enfoque para desarrollar instrucciones para lograr un aprendizaje complejo basado en investigaciones psicológicas y educativas sólidas (Frerejean, J., van Strien, J. L., Kirschner, P. A., & Brand-Gruwel, S.,2016). Este modelo se caracteriza por tener una primera fase en la que es necesario definir qué habilidades son necesarias y cuáles constituyen los aprendizajes que debe alcanzar el estudiante, una segunda etapa en la que es necesario analizar la naturaleza de estas habilidades y los conocimientos necesarios para desarrollarlos, en una tercera fase se encuentra la selección de materiales y recursos específicos de aprendizaje que el estudiante pueda requerir justo a tiempo para resolver el problema propuesto; y cuarto, la parte práctica de las tareas, es necesaria cuando se debe automatizar la realización de la rutina de ejercicios, cálculos y situaciones con estas tareas (Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P.A., 2018)

Este modelo de diseño instruccional se puede plantear para un curso íntegro o para un paquete de cursos de un determinado plan de estudios. Sin embargo, se puede adaptar para una aplicación parcial de un curso, como es el caso de Mecánica de Fluidos, curso en donde la aplicación se haría parcialmente a la segunda mitad del mismo y en la parte práctica del curso, con la resolución de problemas complejos.

La adaptación para los cuatro componentes sería la siguiente:

Tabla 3

Diseño instruccional de 4 componentes

<p>1. Tareas de aprendizaje: facilitan el proceso básico del aprendizaje</p> <ul style="list-style-type: none">• Tareas y problemas complejos basados en un contexto de la vida real.• Que apele de forma integral a conocimientos, habilidades, actitudes y toma de decisiones.• Tareas variables, de complejidad menor a mayor, con apoyo y guía variables.
--

<p>2. Información de apoyo: facilita la elaboración</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suministra “teoría”. • Suministra organización de esquemas, estrategias cognitivas. • Sirve de puente entre lo que ya saben y lo que necesitan saber. • Proporciona retroalimentación cognitiva e información adicional.
<p>3. Información procedimental: facilita la formación de reglas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ayuda a ejecutar aspectos rutinarios, a proceder paso a paso dados en el momento oportuno (<i>just-in-time</i>). • Debe ir de más a menos, conforme el estudiante aprende.
<p>4. Práctica de una parte de la tarea: facilita el fortalecimiento de las reglas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe darse sobre aspectos rutinarios y no rutinarios de una tarea compleja. • Combina bien con las tareas de aprendizaje, cuanto mayor es la integración del grupo. • Apuntan al fortalecimiento de las reglas cognitivas.

Nota: Adaptado de Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design (van Merriënboer & Kirshner, 2018).

Se estima que, aplicando este modelo instruccional, manteniendo un alineamiento entre los resultados del aprendizaje, las estrategias, acciones aplicadas y el sistema de evaluación, se podrá conseguir los logros en el alcance de las competencias necesarias para resolver problemas complejos.

1.6 PROBLEMATIZACIÓN

De lo expuesto en los acápites precedentes podemos destacar algunos aspectos relevantes que van a direccionar el sentido de la innovación propuesta para el curso de Mecánica de Fluidos.

En primer lugar, destacar que el docente investigador al no dictar el curso en el semestre 2021-2 se vio obligado a coordinar la posibilidad de plantear una innovación en la parte práctica del curso a fin de poder cumplir con las exigencias de la aplicación de la misma en el semestre 2021-2.

En la revisión de las conclusiones obtenidas a través de las indagaciones efectuadas a los docentes, los jefes de práctica y los documentos del curso (sílabo y programación) a ser dictado el semestre 2021-2, los docentes a cargo del dictado en dicho semestre permitieron tomar las siguientes decisiones:

- En la parte práctica del curso los estudiantes matriculados que voluntariamente se inscriban en la innovación de la práctica deberán resolver algunos problemas complejos en lugar de los ejercicios típicos que se resuelven individualmente en el curso como si fuesen exámenes.
- Los problemas complejos a ser resueltos por los estudiantes deben ser resueltos colaborativamente con la asistencia de un facilitador que forme parte del grupo de trabajo y actúe como un guía aplicando retroalimentación oportuna.
- Los materiales para la aplicación de la innovación serán preparados por el docente investigador y la aplicación durante las seis semanas de duración se hará a través de dos jefes de práctica quienes trabajarán colaborativamente con los estudiantes, como facilitadores, en la resolución del problema complejo.
- El docente investigador se compromete a reemplazar las prácticas tres y cuatro del curso regular para los estudiantes que se inscriban en la innovación, de manera oportuna.
- Tomando en cuenta estos resultados junto con el análisis del contexto y el marco teórico presentado, la innovación se centrará en propiciar las habilidades de solución de problemas complejos poco estructurados en un grupo de estudiantes del curso de Mecánica de Fluidos a través del aprendizaje colaborativo.
- Se considera que esta innovación estaría cumpliendo con los requisitos de un cambio que repercuta en el aprendizaje de los estudiantes pues las indagaciones efectuadas entre los profesores y asistentes de docencia lo justifican y permiten actualización y flexibilidad al plantearse problemas a ser contextualizados y estructurados.
- Adicionalmente a la innovación, en el campo el resolver “problemas de ingeniería”, propicia varias de las competencias genéricas de la institución, específicamente al utilizar el razonamiento lógico y matemático, al interpretar la información, al

solucionar problemas académicos y de la vida cotidiana, al trabajar colaborativamente y gestionar el proceso de aprendizaje de manera autónoma.

En consecuencia, a lo descrito, se plantea la siguiente innovación: Desarrollo de la competencia de resolución de problemas complejos a través del diseño instruccional y del trabajo colaborativo en un curso de Mecánica de Fluidos.



CAPÍTULO II

PROYECTO DE INNOVACIÓN EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA

2.1. RESUMEN DEL PROYECTO Y DATOS GENERALES

Título del proyecto: Desarrollo de la competencia de resolución de problemas complejos a través del diseño instruccional y el trabajo colaborativo en un curso de Mecánica de Fluidos, en una universidad de Lima.

Resumen del proyecto:

El proyecto tiene como objetivo desarrollar en los estudiantes habilidades para resolver problemas complejos de la Mecánica de Fluidos, utilizando para ello metodologías del diseño instruccional y técnicas del trabajo colaborativo.

Las indagaciones realizadas entre docentes y jefes de práctica realizadas a través de entrevistas y encuestas concuerdan en que se requiere dar un rol más autónomo a los estudiantes, que se incentiven los trabajos grupales y que se debe de diseñar problemas complejos y contextualizados para ser resueltos por los alumnos.

Se estima que con un manejo adecuado de la innovación se estarían atendiendo necesidades importantes en la relación enseñanza-aprendizaje del curso, como el paso de resolución de problemas en aula, que suelen ser ejercicios de libros de texto muy estructurados y convenientemente contextualizados, a resolver problemas complejos en los que el estudiante debe completar la información y estructurar su solución de acuerdo con el contexto y necesidades que la sociedad moderna exige en la actualidad. Por otro lado, las competencias exigidas por el sílabo del curso, el perfil del egresado y en los últimos tiempos por las acreditadoras de carreras universitarias, abonan a favor de las necesidades a ser atendidas en el curso.

En cuanto a las etapas desarrolladas en la innovación, en la primera etapa de implementación debo destacar como un momento importante el de la formación de los grupos de trabajo, que además de su relación con el primer objetivo de innovación, es

muy importante por permitir que los estudiantes tengan un primer acercamiento con sus compañeros de trabajo y sentar las bases para el comienzo del trabajo colaborativo. Otros momentos importantes en esta primera etapa se refieren a la orientación hacia el acceso a las lecturas técnicas y reglamentos e información en general, necesarios para el manejo adecuado de la resolución del problema, así como al planteamiento de las hipótesis de solución a través de una lluvia de ideas y su desenvolvimiento en soluciones viables. Es importante resaltar que, en esta etapa de implementación, la innovación trata de enfatizar el trabajo colaborativo y esto se explica por la inexperiencia casi total de los estudiantes de este nivel a la luz de los cursos llevados por ellos previamente, que en su totalidad han enfatizado el trabajo individual, siendo en consecuencia los logros esperados en esta etapa de implementación los que se centran en el desarrollo del trabajo colaborativo.

La segunda etapa se concentra en la confirmación de la competencia de resolución de problemas a través del diseño instruccional evidenciándola con la presentación de cálculos, resultados y de los ajustes convenidos en las reuniones de coordinación y de los avances obtenidos en la solución del problema. En esta etapa debe destacarse la motivación al grupo para la búsqueda individual de información, que al intercambiarla con sus compañeros los lleve a desarrollar el pensamiento crítico que los guíe a asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje y presentar la solución del problema. Dicha etapa suele terminar con la presentación de planos, memorias y datos solución del problema planteado incluidos los ajustes convenidos. Los logros alcanzados en esta segunda etapa estarán vinculados al aprendizaje observado entre el planteamiento inicial y la solución final con los ajustes convenidos en las últimas semanas.

Finalmente, intercalado entre ambas etapas, se destacan momentos importantes como el efecto de la reflexión docente sobre las propias prácticas de enseñanza. La reflexión se ha configurado en la presente investigación en dos momentos, el primero al final de la tercera semana, donde se puede compulsar el efecto de las actividades colaborativas desde el punto de vista de su funcionamiento como metodología y el segundo momento, luego de la retroalimentación a la primera etapa, al final, hacia la sexta semana en donde la reflexión se debe centrar en la solución del problema complejo y su relación con las habilidades desarrolladas y logros obtenidos.

El problema priorizado:

Al ser la competencia de resolución de problemas complejos un asunto relevante en cuanto a la formación de Ingenieros, en la innovación propuesta se buscará analizar cómo el diseño instruccional y el trabajo colaborativo propician dicha competencia.

Cursos asociados:

El curso de mecánica de Fluidos es el primer curso del área de hidráulica que, en su secuencia natural, en el nuevo plan de estudios de Ingeniería civil, es prerrequisito de los cursos obligatorios de la carrera: Hidráulica de canales e Hidrología y de siete de los catorce cursos electivos del Área de Medio Ambiente y Recursos Hídricos. Por otro lado, siendo el curso de Mecánica de Fluidos un curso obligatorio para los ingenieros de minas, que lo llevan en común con los civiles, es a su vez prerrequisito de los cursos obligatorios de la especialidad minera: Servicios Auxiliares y Ventilación Minera.

Área disciplinar:

Dentro de la carrera de Ingeniería civil, el curso de Mecánica de Fluidos pertenece al área disciplinar de Medio Ambiente y Recursos Hídricos.

Población beneficiada:

En los últimos semestres, antes de la pandemia, el número de estudiantes matriculados en el curso había aumentado hasta 200 alumnos por semestre, de los cuales el 10% eran alumnos de la especialidad de Minas y 90% de Civiles. En los cuatro semestres del inicio de la pandemia a la fecha la cifra total ha disminuido paulatinamente a 150 alumnos matriculados, manteniéndose la proporción de estudiantes de ingeniería de minas y civil.

Como puede notarse de lo descrito en el resumen del proyecto, se hace muy complicado pensar en una innovación para 150 estudiantes, asociándose en trabajos colaborativos, sin experiencia previa de parte de los estudiantes y sin tener cuadros de docentes o jefes de práctica con experiencia en trabajos colaborativos para hacer el trabajo de guías o tutores. En consecuencia, la propuesta de innovación está diseñada para un grupo de 20 a 30 estudiantes que se inscriban voluntariamente como máximo y orientada a la parte práctica del mismo, para ser aplicada en seis semanas del semestre académico.

Fechas de la Innovación:

Inicio. Semana 9 del semestre académico 2021-2 (del 18 al 23 de octubre)

Fin: Semana 14 del semestre académico 2021-2 (el 22 al 27 de noviembre)

2.2 JUSTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El curso de Mecánica de Fluidos al que se refiere la presente innovación es un curso obligatorio en las carreras que sirve (civil y minas), intermedio en el plan de estudios de ambas carreras en la universidad de estudio. Como curso perteneciente al área de Medio Ambiente y Recursos Hídricos es el primero de una serie de cursos que vendrán a continuación y que requieren una buena base de la teoría y la aplicación de los principios que rigen el comportamiento de los fluidos, tanto cuando están en reposo como en movimiento.

Los alumnos que llevan este curso son todos los que siguen las especialidades mencionadas y hemos visto que son una cantidad considerable, en consecuencia, cualquier mejora que se pueda incluir en los aprendizajes es importante para el curso, para las especialidades en que se imparte y para la universidad en general.

En el esfuerzo por mejorar el aprendizaje de los alumnos del curso de Mecánica de Fluidos haremos un recorrido por algunas de las razones que generaron la motivación en hacer la innovación de la que trata la presente tesis y a tratar de destacar su justificación.

Existen una serie de elementos que han venido evolucionando en la relación enseñanza aprendizaje en los últimos años y que hay que tener en cuenta, por ejemplo, el hecho de considerar al estudiante como el centro de la enseñanza y no al docente como se ha venido haciendo secularmente (Weimer, 2002).

Así mismo, las Facultades a través de sus planes de estudio y sílabos de los cursos también han evolucionado modificando el perfil de los egresados de estas carreras con relación a los años precedentes (PUCP, 2016a y b).

En esta misma línea, la universidad al proponer por medio de su modelo educativo un desarrollo curricular por competencias, lo hace con la intención de permitir la adquisición

y dominio de una serie de conocimientos, teorías, habilidades y actitudes que permiten enfrentar con éxito problemas de diversa naturaleza (PUCP, 2021).

Por su parte, las acreditadoras desde hace algunos años recomiendan la inclusión de adquisición de competencias relacionadas con la resolución de problemas complejos y la implementación de trabajos colaborativos en las carreras de ingeniería (Ortega, C.; Garcés, A. y Ruiz, A., 2017).

De acuerdo con lo planteado, la resolución de problemas complejos aplicado al curso propuesto sería una manera de mejorar la relación enseñanza aprendizaje en el curso de mecánica de fluidos, debido a que permite el cumplimiento de los intereses educativos de la Facultad de Ingeniería y de la universidad en general.

Revisando la literatura relativa al tema de cómo se puede implementar la mejora de las habilidades de resolución de problemas de estudiantes de ingeniería, se pueden mencionar innovaciones en métodos de enseñanza como el aprendizaje basado en problemas (Perrenet, J.C., Bouhuijs, P.A.J. and Smits, J.G.M., 2000) y aprendizaje colaborativo (Heller, P., Keith, R., y Anderson, S., 1992)., (Mourtos, N.J., Okamoto, N.D., and Rhee, J., 2004), que han sido implementados con éxito en muchas universidades (Ranade, S.M. y Corrales, A., 2013). En los últimos tiempos, en el ámbito latinoamericano se están desarrollando innovaciones con el método de las cuatro componentes del diseño instruccional, que combina la resolución de problemas complejos con el trabajo colaborativo (Van Merriënboer y Kirshner, 2018).

Lo descrito en las líneas precedentes nos puede hacer pensar que lo que se pretende hacer en esta oportunidad no es nada novedoso sin embargo el reto de aplicar metodologías colaborativas a la resolución de problemas complejos de ingeniería en un curso con alumnos sin experiencia en ninguno de los dos campos mencionados y con docentes y asistentes que no han trabajado en estas modalidades viene a configurar un reto, significa una innovación para el grupo de estudiantes y docentes y requiere un monitoreo permanente para detectar ajustes y hacer modificaciones que permitan mejorar y llegar a los logros esperados. Se busca que estas prácticas tengan las características de una innovación: apertura, actualización y sostenibilidad (Zabalza, citado por Del Mastro, 2015). Esto significa que el presente trabajo se construye a partir

de las experiencias docentes previas, que podrá ser mejorada con el pasar del tiempo y será sostenible si es que se cuenta con recursos materiales y de tiempo.

La aplicación de la presente innovación está apoyada en una serie de elementos que ayudarán a hacerla viable. Uno de ellos que puedo destacar es el uso de una plataforma para la educación virtual propia de la institución que servirá para presentar las herramientas a ser utilizadas, hacer las reuniones virtuales síncronas y asíncronas, generales o por grupos, realizar coordinaciones, monitorear trabajos colaborativos, compartir y presentar trabajos, hacer retroalimentaciones, etc. Otro recurso importante es el contar y tener acceso a excelentes profesionales de apoyo como asesores, especialistas en diferentes temas relacionados con la docencia (psicólogos, educadores, técnicos, un instituto de docencia universitaria, etc.). Por último, se resalta que una parte importante del proyecto de innovación es la elaboración de los instrumentos y materiales de trabajo que hay que preparar empezando por el diseño de los problemas a ser resueltos colaborativamente por los alumnos y las tareas de aprendizaje de soporte. Este trabajo previo se describe en el ítem 2.3.

Se puede destacar que la innovación no pretende ser un cambio radical en la manera de acceder a los aprendizajes sino una mejora en el proceso de enseñanza aprendizaje, orientada a la resolución de problemas complejos, a través del trabajo colaborativo y que los parámetros evaluados para su implementación cubren los aspectos importantes para su viabilidad.

2.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN

Los objetivos planteados en el proyecto son dos:

1. Propiciar el desarrollo de la competencia de resolución de problemas complejos a través del diseño y aplicación de una metodología colaborativa en estudiantes de un curso de Mecánica de Fluidos.

2. Indagar sobre cómo el uso de un modelo instruccional permite diseñar problemas complejos para alcanzar los niveles de logro de aprendizaje esperados en los estudiantes.

Hay un trabajo previo a la aplicación de la innovación que tiene que ver con la preparación de los materiales para la aplicación misma, empezando con la preparación de los problemas complejos que van a resolver los estudiantes, escoger y plantear algunas tareas de soporte que van a efectuar los estudiantes, seleccionar presentaciones de la teoría del curso asociadas con la innovación, preparar herramientas para la aplicación de la investigación y rúbricas para las evaluaciones, seleccionar vídeos motivadores, hacer coordinaciones y entrenar a los jefes de práctica en los registros para el diario docente en las características del trabajo colaborativo y otros detalles que tienen que estar listos antes de la aplicación del trabajo de los estudiantes, es decir antes de la novena semana del semestre académico 2021-2.

El plazo considerado para la aplicación de la innovación es de seis semanas, en la parte práctica del curso, entre la semana 9 y 15 del semestre 2021-2. El método considera para el primer objetivo dos etapas de tres semanas cada una, en la primera etapa, denominada etapa de implementación, se desarrollará todo el tema de organización del trabajo colaborativo para lograr el planteamiento de la solución del problema complejo presentado a los alumnos, debiendo llegar a esa etapa con toda la información necesaria para poder solucionar el problema. Es decir, el grupo de estudiantes con sus jefes de práctica deben completar la contextualización del problema y estructurarlo de acuerdo a las necesidades de solución y normas nacionales vigentes. En estas tres semanas cada jefe de prácticas recogerá en su diario docente todas las ocurrencias sucedidas durante el desarrollo del trabajo grupal que a su criterio puedan tener alguna influencia en el trabajo del grupo y en ese mismo período el docente también recopila en su diario docente información de aula o de trabajo grupal asíncrono que hubiere detectado y pueda haber influido positiva o negativamente en el desarrollo del trabajo grupal. Con esta información los docentes tendrán una reunión al final de la sesión síncrona de la tercera semana para hacer un análisis crítico de la resolución de problemas complejos y la actuación docente. En esta oportunidad se evaluará a los estudiantes a través de una

rúbrica preparada para ello, la que mostrará los logros relacionados con la contextualización del problema planteado.

Siendo las rúbricas unas guías precisas que valoran los aprendizajes y productos realizados en la primera parte de la innovación y los registros en los diarios docentes los que pondrán énfasis es los aspectos colaborativos, ambas aplicaciones darán información sobre el avance del aprendizaje.

En consecuencia, al final de la tercera semana, el docente investigador podrá revisar lo actuado y hacer los ajustes necesarios para verificar el avance en relación con los objetivos planteados en la innovación.

En la segunda etapa de aplicación de la innovación, entre las semanas 4 y 6, se repite la dinámica expresada para las tres primeras semanas pero, adicionalmente a las anotaciones de las ocurrencias del trabajo colaborativo grupal, el énfasis debe referirse a la resolución del problema complejo y su desarrollo, de tal manera que las anotaciones del diario docente, en una reunión síncrona al final de la semana 6, permita un análisis crítico de los resultados que se evaluará a través de una segunda rúbrica preparada para ello.

En esta parte la rúbrica brindará información sobre el aprendizaje de los alumnos en lo concerniente a la resolución de problemas complejos al mismo tiempo que la reflexión brindará información sobre el aprendizaje y su relación con los estudiantes y los docentes.

Los ajustes a la innovación derivados de la investigación que se aplique al procedimiento descrito servirán para corregir los errores, hacer cambios y preparar una innovación corregida que pueda aplicarse a un número mayor de participantes en un semestre siguiente, al mismo tiempo que los profesores puedan modular su actuación docente para que los alumnos puedan lograr aprendizajes significativos.

Para medir los resultados obtenidos en los alumnos y compulsar los cambios en el aprendizaje de los mismos, después de las seis semanas se aplicará un cuestionario sobre el total de la innovación para enriquecer y compararlos con los resultados obtenidos de los diarios docentes.

Para el segundo objetivo también hay dos etapas, la primera es durante la aplicación de la investigación-acción en las seis semanas donde la flexibilidad permitirá los ajustes que fueran necesarios y la segunda, analizando toda la información recabada desde la culminación de la innovación hasta la presentación del presente trabajo.

Revisando lo descrito se puede apreciar que la innovación trata de explorar maneras diferentes de manejar la enseñanza aprendizaje, introduciendo a los alumnos en el trabajo colaborativo e incorporando nuevas maneras de evaluar su aprendizaje. Se espera al final de la aplicación de la innovación, al haber resuelto problemas complejos teniendo la oportunidad de participar en la discusión, podamos observar cambios en el estudiante, ver cómo se van convirtiendo en pensadores críticos y cómo logran apreciar que se puede aprender a aprender.

2.4 DESCRIPCIÓN NARRATIVA DE LA PROPUESTA DE INNOVACIÓN

La innovación diseñada para el curso de Mecánica de Fluidos consiste básicamente en desarrollar la capacidad de los estudiantes para resolver problemas complejos en base al trabajo colaborativo implementando para ese fin por medio de grupos de cuatro alumnos para cada problema.

Los problemas por resolver por estudiantes considerados para ese fin tendrán características muy particulares, es decir, están planteados de tal manera que no necesariamente tendrán una única solución ya que no estarán completamente estructurados ni totalmente contextualizados, quedando el grupo en libertad de completar estas características lo que resultará en soluciones adaptadas al grupo.

En este afán se destaca que la tarea importante de los alumnos es plantear hipótesis de solución sustentadas en base a las decisiones que ellos puedan establecer de acuerdo a las características del problema planteado, pudiendo seleccionar cantidades, materiales, accesorio y equipos adecuados a la solución propuesta y hacer los cálculos y diseños complementarios que sean necesarios para el desarrollo de la solución, lo que indudablemente los llevará a resultados singulares en cada caso.

La manera ordenada de ir resolviendo colaborativamente las partes esenciales o componentes de la resolución del problema se pueden explicitar planteándose por etapas, así podemos definir dos etapas de características diferenciadas, en primer lugar, una etapa de implementación, de tres semanas de duración, en donde las actividades, estrategias responsabilidades y roles asumidos se concentran en el trabajo colaborativo necesario para poder plantear las hipótesis de solución del problema.

Para ordenar la narración lo haremos utilizando las fechas de las reuniones síncronas, que son seis, una en cada semana de aplicación de la innovación y la referiremos a la semana del curso en el semestre, entre paréntesis. En la narración se incluirá las actividades programadas y los roles de los docentes y estudiantes en ese período.

En la primera sesión síncrona (semana 9 del curso), además de la conformación de los grupos se presentarán las herramientas necesarias para la obtención de la información de entrada, así por ejemplo se revisarán las separatas de textos que muestran la teoría resumida de los cálculos para conducción de flujos en tuberías, los sitios donde recurrir para ver captaciones de río o de conducciones existentes y los reglamentos que racionalizan las dotaciones de agua para diferentes situaciones. Esta parte se considera como el trabajo de “campo”, es decir la búsqueda de información, de la que parte se puede distribuir entre los componentes del grupo y mucha de ella se puede conseguir en los textos y en la internet. Los alumnos deben tener una reunión asíncrona antes de la segunda sesión de clases. En donde a través de una metodología de “lluvia de ideas”, se puede ir configurando, colaborativamente, un borrador de “hipótesis de solución” a ser presentada en la segunda sesión de clases como la tarea del grupo,

En la segunda sesión síncrona (semana 10), los jefes de práctica y el asesor, atenderán la presentación de cada grupo y lo orientarán a consolidar las ideas, ampliarlas y corregirlas si fuese el caso. En esta sesión, puede ser necesaria la ampliación de las referencias para hacer algunas correcciones y otras para complementar el avance del trabajo colaborativo con relación a otras características del sistema como materiales, reservorios, sistemas de bombeo a ser intercalados para asegurar óptimo funcionamiento del sistema. En este punto se puede recomendar al grupo una distribución de trabajo de campo en los diferentes temas a ser investigados, como un aporte al aprendizaje del

trabajo colaborativo y ser revisados e incluidos en su hipótesis de solución. Este trabajo se recomienda que lo hagan en una reunión asíncrona antes de la tercera sesión de clases. En esta misma reunión, los jefes de práctica solucionarán dos problemas junto con los alumnos, que vienen a ser tareas de preparación para la solución final: una tarea es tratar una bifurcación en una tubería y la otra un sistema de bombeo típico. La información teórica estará en las separatas alcanzadas en la presentación del problema complejo y el curso regular debe estar resolviendo problemas similares en la semana 12, en consecuencia, la alimentación es oportuna.

La tercera sesión síncrona (semana 11), representa la tercera semana de esta primera etapa de implementación, al iniciar la clase, el grupo debe presentar las inclusiones y los avances logrados al recibir retroalimentación de los jefes de práctica, con lo cual se terminaría la etapa de implementación. Puede haber en este nivel algunas observaciones que deben ser levantadas por el grupo en el transcurso de la semana. Por el lado docente, se debe recoger las anotaciones relevantes del diario docente de los jefes de práctica y del asesor para hacer una primera etapa de reflexión docente, que permita evaluar lo actuado en estas tres semanas considerando la parte del trabajo colaborativo de los estudiantes y analizar las partes de la innovación que no hayan funcionado como lo previsto, a fin de hacer los ajustes correspondientes para una futura aplicación de la innovación.

También en esta oportunidad, se realizará una evaluación del trabajo grupal desarrollado a través de una rúbrica especialmente diseñada para ello. Esta rúbrica también formará parte de la información a ser analizada en la reflexión docente antes referida.

Al igual que en la primera etapa, la segunda también dura tres semanas y al final, después de la sexta semana de innovación, habrá una reflexión docente basada en las anotaciones del diario docente y de una segunda rúbrica diseñada para ello. Adicionalmente, de un cuestionario aplicado a los estudiantes.

Para los estudiantes, la segunda etapa consistiría en un trabajo de “gabinete” en el cual se deben desarrollar cálculos, obtener resultados, evaluarlos y con la retroalimentación correspondiente se pueden hacer los ajustes recomendados y/o convenidos. Si bien en términos generales los roles y las responsabilidades asumidas por estudiantes y

docentes son prácticamente las mismas que en la primera etapa, las actividades y estrategias para el trabajo están orientadas más a la resolución de problemas de ingeniería complejos. Así por ejemplo la parte colaborativa en esta etapa se distribuiría en la parte de cálculos, diseños, elaboración de memorias de cálculo y dibujo de planos.

Para la cuarta sesión síncrona de trabajo (semana 12), el grupo debe preparar una presentación de su solución y ser sustentada ante sus compañeros. En esta parte la capacidad de síntesis será bien valorada teniendo en cuenta que son varios grupos y varias las resoluciones a sustentar. El grupo debe tener programada la distribución de las tareas a realizar por cada miembro y como trabajo de la semana se puede sugerir que coordinen asincrónicamente con sus jefes de práctica y docente los detalles a tratar, para, en la quinta sesión llegar con la parte de su trabajo prácticamente listo para ser presentado. Es evidente que durante la semana el grupo deberá trabajar colaborativamente para coordinar la presentación y se reunirá asincrónicamente con sus JP.

En la quinta sesión síncrona (semana 13) los docentes revisarán el avance de los diseños, memorias y planos por parte de los estudiantes y darán retroalimentación y se harán observaciones para optimizar la presentación final de la sexta semana. En el transcurso de la semana se pueden hacer consultas y reuniones asíncronas para optimizar la resolución del problema planteado. Nuevamente en esta etapa, la distribución de las diferentes partes del trabajo entre los miembros del grupo debe estar muy bien estructurada y monitorizada por los jefes de práctica.

La sexta sesión síncrona (semana 14), es una reunión de presentación de los trabajos desarrollados por los grupos ante sus compañeros y docentes. La manera de hacer esta presentación es singular para cada grupo, ellos decidirán la manera de presentar su solución. Para los docentes, al final de la reunión, se tiene programada la aplicación de una segunda rúbrica de evaluación a los grupos de trabajo y una reunión de reflexión final en la cual mediante el uso de los diarios docentes se tomará nota de los ajustes que deberán hacerse en la actuación docente de los encargados de la innovación y en la innovación misma para su mejor funcionamiento a futuro, de ser el caso.

El diseño del proyecto de innovación descrito se presenta en la sección anexos, debidamente desarrollado en un programa semanal, donde se muestran detalles de las distribuciones de tiempo, actividades y roles para las actividades síncronas y se sugieren actividades a desarrollar asíncronamente para poder lograr los resultados esperados (ver anexo 1).



CAPÍTULO 3.

DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN - ACCIÓN

3.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA

En un curso de Mecánica de Fluidos que está dirigido en forma conjunta a estudiantes de ingeniería civil y de minas, en una universidad privada de Lima, de acuerdo con una competencia definida en el sílabo, se pretende implementar en la parte práctica del curso, un proceso de innovación por medio de una metodología activa y colaborativa que permita que los estudiantes al finalizar el proceso planteado puedan alcanzar los logros definidos en dicha competencia con referencia a sus aprendizajes.

Para la finalidad referida el equipo docente encargado de aplicar la innovación se dedicará a investigar durante esta implementación los detalles de la relación enseñanza-aprendizaje, en observar la manera como los estudiantes están “aprendiendo a aprender” a resolver un problema complejo, cómo van contextualizando y luego estructurando la solución trabajando activa y colaborativamente. Las anotaciones de los docentes, investigador y jefe de práctica, respecto de aspectos cognitivos de las particularidades del procedimiento y de cuestiones subjetivas detectadas, al final conlleven a una reflexión que permita lograr la construcción o reconstrucción del saber pedagógico mediante la aplicación de un tipo de pensamiento que permita la autocrítica y el descubrimiento de las debilidades pedagógicas y/o bondades registradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje- evaluación.

3.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS

La pregunta de investigación que se desprende es: ¿de qué manera el trabajo colaborativo y el diseño instruccional pueden asegurar el aprendizaje activo y el desarrollo de la competencia de resolución de problemas complejos en un curso de Mecánica de Fluidos?

Para responder esta pregunta se tratará de cubrir durante la investigación los siguientes objetivos:

- Analizar el desarrollo de la competencia de resolución de problemas complejos a través del diseño instruccional y aplicación de una metodología activa y colaborativa en estudiantes de un curso de Mecánica de Fluidos.
- Identificar los elementos del diseño instruccional adoptados para la resolución de problemas complejos que aseguren los aprendizajes esperados en el curso.

3.2.1 Método de investigación seleccionado

Por la naturaleza de la investigación a realizar se ha escogido el método de investigación cualitativa ya que este, en el contexto de un ámbito universitario, desarrolla habilidades para abordar procesos de indagación, permite problematizar la realidad y genera fundamentación conceptual sobre los fenómenos estudiados, permitiendo a los estudiantes acercarse a la realidad con una actitud de lectura e interpretación variada para proponer alternativas de solución a los problemas detectados. Este desarrollo a su vez significa un avance en la construcción del pensamiento crítico (Pirela O J., Pulido, N y Mancipe, E., 2015).

De los métodos de investigación cualitativa que actualmente se aplican en educación, el de investigación-acción es uno de los que está presente en los procesos de cambio y mejora en el aprendizaje, y se puede definir como el proceso gracias al cual el docente puede lograr una construcción o reconstrucción del saber pedagógico mediante la aplicación de la autocrítica y el descubrimiento de las debilidades pedagógicas. Sus principales características son:

- 1- Es un proceso participativo desde y para la práctica.
- 2- Pretende mejorar la práctica desde su transformación directa.
- 3- Obliga a un análisis crítico de la situación
- 4- Es un proceso cíclico: Problema-Planteamiento-Acción-Reflexión y otra vez Problema.

Para la presente investigación seguiremos el modelo de Kemmis (1988), en el cual el proceso de la investigación-acción se ajusta a cuatro momentos o fases interrelacionadas: planificación, acción, observación y reflexión.

a. Planificación

La primera fase, está planificada para seis semanas de aplicación en la parte práctica del curso sobre una metodología de investigación dirigida a la resolución de problemas complejos con el propósito de mejorar el logro de aprendizaje de los estudiantes. Esta planificación se implementará utilizando como estrategia didáctica la resolución de problemas con métodos activos y colaborativos en donde los estudiantes con sus jefes de práctica como guías o facilitadores y el investigador como asesor llevarán a cabo el proceso.

b. Acción

La acción, que es la segunda fase, consiste en poner en marcha la acción estratégica que aplica en tres partes interrelacionadas las cuales son características de la resolución de problemas.

La primera se refiere a los saberes previos sobre los que debe haber un acercamiento. En el caso de la universidad en donde se desarrolla la investigación, los estudiantes tienen la misma formación académica, se asume que tienen el mismo grado de saberes previos y no hay acción especial de acercamiento a ellos, excepto en las ampliaciones bibliográficas en la parte de resolución de problemas en donde sea pertinente.

La segunda parte se refiere a la resolución de problemas y las pautas a seguir son:

- Generar un ambiente adecuado para que los grupos reducidos de alumnos trabajen de manera activa y colaborativa, y promover la participación de los jefes de práctica como tutores- facilitadores.
- Favorecer un “modelo interactivo” de enseñanza, estimulando a los alumnos en la aplicación de sus conocimientos previos.
- Complementar con información para que puedan investigar y exponer sus puntos de vista.
- Retroalimentar en forma oportuna.
- Invitar y propiciar a que expongan lo investigado y lo consensuado en el trabajo grupal.

En la tercera parte vinculada, se les muestran las bases de datos existentes para búsqueda bibliográfica, se le direcciona a la visualización de vídeos y eventualmente se les apoya con separatas de temas especializados.

Considerando la necesidad de analizar e identificar los elementos que intervienen en el desarrollo de la competencia de resolución de problemas complejos a través del diseño y aplicación de una metodología activa y colaborativa, la acción durante la investigación debe concentrarse en las subcategorías que definen ambas características y así como deben adecuarse a ellas las herramientas a ser tenidas en cuenta para recoger información. En ese sentido las subcategorías que validan los aspectos relacionados con el trabajo colaborativo deben incluir a la interdependencia positiva, la interacción promotora, habilidades interpersonales, responsabilidad individual y proceso de grupo. Así mismo, para los aspectos relacionados con la resolución del problema complejo deben considerar la estructura del problema, el contexto donde se solucionará, la complejidad del problema, el dinamismo en la toma de decisiones y la especificidad de dominio del grupo para con el problema y su resolución.

Al ser la investigación de carácter cualitativo, las herramientas consideradas son tres adecuadas al tipo de investigación: la observación directa que se registrará en cada sesión de trabajo colaborativo y será aplicada tanto por los jefes de práctica como por el docente investigador. Los jefes de práctica, quienes son licenciados en ingeniería con más de cinco años de experiencia profesional y más de tres años de experiencia en las jefaturas de práctica del curso de Mecánica de Fluidos, llenarán una ficha de registro de ocurrencias y el investigador, que es un docente con más de 20 años de enseñanza del curso de Mecánica de Fluidos, registrará la evidencia en un diario docente. La segunda herramienta serán las rúbricas evaluadas al final de la tercera y sexta semana de investigación y la tercera herramienta será un cuestionario estructurado que será aplicado a los alumnos al término de la investigación. Todas las herramientas utilizadas, las cuales están presentes en los anexos han sido revisadas por especialistas en educación universitaria y la última herramienta ha sido sometida para su validación por medio de la revisión de dos expertos.

c. Observación

En la fase de observación, los datos, reflexiones e interpretaciones de todo lo relevante sucedido y de lo registrado tanto en las reuniones síncronas virtuales o detectadas en las reuniones asíncronas de trabajo grupal serán recogidas por el docente investigador en su diario docente y por los jefes de práctica en sus fichas de registro, de todas las sesiones y permitirán identificar evidencias que ayudarán a establecer los alcances de la mejora implementada. Adicionalmente, a lo largo del desarrollo de las sesiones los alumnos realizan presentaciones de sus avances, en las que además de mostrar su visión sobre el trabajo grupal y experiencia personal, demuestran su capacidad para afrontar y resolver los problemas y también la forma en que lo hacen. Todo esto se registrará para ser evaluado como apoyo a la reflexión docente.

La manera como se analizará la información recabada en las fichas de registro y el diario docente del investigador será transcrita con el objetivo de reducir, organizar y simplificar sus contenidos con carga de significado, para que pueda ser sometida a interpretación y profundización y se puedan categorizar estos datos (Strauss, A. y Corbin, J., 2002). Esta transcripción luego es comparada con la que se determine de la aplicación del cuestionario a los alumnos y mediante un proceso de organización y manipuleo de la información se podrán establecer relaciones, interpretaciones y extraer significados.

El resultado de estos análisis debidamente estructurados nos llevará a redactar el Informe de la investigación que, a su vez, en la etapa reflexiva final servirá de sustento a las conclusiones de la investigación.

d. Reflexión

Esta es la última fase del método de investigación-acción que sirve para recopilar la información que sustenta al informe de la investigación. El equipo docente: los jefes de práctica y el investigador han efectuado un análisis cualitativo y crítico de los resultados obtenidos en dos oportunidades, que son en la tercera y sexta semana de la investigación. La interpretación de la información y la valoración de la misma dará cuenta de si el aprendizaje de los alumnos ha sido o no eficaz. Un juicio crítico sobre lo actuado permitirá hacer los ajustes en la metodología y/o en la práctica docente para validar si se replica el método y su aplicación a futuro.

El tipo de conclusiones que a que se espera llegar a la luz de los objetivos de la investigación se pueden resumir:

a. Objetivos logrados durante el desarrollo de actividades colaborativas para resolución de problemas complejos que permitan en los estudiantes:

1. Desarrollar habilidades para abordar procesos de indagación.
2. Problematizar la realidad.
3. Generar fundamentación conceptual sobre los fenómenos estudiados.
4. Proponer alternativas de solución a los problemas detectados.
5. Afianzar las bases de la construcción del pensamiento crítico.

b. Objetivos que generen conocimientos de una manera activa en estudiantes tales como:

6. Recolección de datos en medios digitales.
7. Manejo de conceptos para la elaboración de soluciones y para generación de conocimientos.
8. Apropiación los aprendizajes desde la autonomía e intereses de otros estudiantes componentes del grupo.

3.3 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizará en seis semanas, con reuniones síncronas de dos horas a la semana.

En la primera sesión síncrona se explica a los alumnos en qué consiste la investigación, se conforman los grupos de trabajo, se presentan los problemas a resolver y se dan las pautas para el trabajo colaborativo asíncrono que deben hacer durante la semana en reuniones con sus jefes de práctica.

Es a partir de la segunda sesión síncrona que se dan las ocurrencias y percepciones que alimentan las fichas de registro y el diario docente con información relevante del avance del trabajo activo y colaborativo de los estudiantes. El docente investigador se dedica a revisar las presentaciones semanales de lo avanzado y retroalimenta a los estudiantes y

los jefes de práctica, en reuniones asíncronas, guían el trabajo a desarrollar en conjunto con los alumnos y a registrar todo lo percibido en las fichas y en el diario docente.

De esta manera en la segunda y tercera semana los grupos desarrollan una hipótesis de solución, planteada en base a la contextualización que hubieran efectuado para el problema planteado, la que, de cubrir los requisitos de solución de forma incompleta, se va reestructurando colaborativamente, adicionando los términos de consulta que hubieran y se dan pautas para su conformación y levantamiento con el trabajo asíncrono de la semana y con la retroalimentación, que se ha aplicado tanto en la reunión síncrona como en la semanal asíncrona del jefe de prácticas con sus grupos de trabajo colaborativo. Al inicio de la tercera semana, los estudiantes llegan con su solución contextualizada y deben hacer una presentación pública de la misma en diapositivas (PPT) o alguna otra forma. Tal vez requieran algún pequeño ajuste, con lo cual pueden pasar a la etapa de cálculos para la resolución del problema.

En el transcurso de esta tercera semana hay una reunión asíncrona de los jefes de práctica con el investigador para una primera reflexión docente. En esta reunión se recopila y organiza la información acumulada en las tres primeras semanas de investigación a través de las fichas de observación de los jefes de práctica (en adelante denominados JP) y del diario docente del investigador, enfatizando los aspectos relacionados con el trabajo colaborativo y la formulación de la hipótesis de solución del problema complejo a ser resuelto. Se hacen los ajustes necesarios para que funcione el trabajo colaborativo y el diseño instruccional.

En la cuarta semana se inicia la segunda etapa de los trabajos grupales con sus hipótesis de solución totalmente estructuradas. En el trabajo grupal, luego de los ajustes necesarios, se coordinan, el reparto de tareas, para ir preparando las Memorias de cálculo, hacer los planos y preparar los anexos que sustenten su presentación en la sexta. Estos trabajos colaborativos coordinados los harán los alumnos en reuniones entre semana con sus jefes de práctica.

En la sexta semana los grupos socializan sus soluciones compartiendo la presentación completa del problema complejo resuelto ante sus compañeros. Esta es la última fecha

de trabajo síncrono y final de la investigación. Eventualmente esta presentación pudiese requerir una retroalimentación final.

En el transcurso de esta sexta semana hay una segunda reunión asíncrona de los jefes de práctica con el investigador para la reflexión final. Con esta información y la de la primera reflexión, el investigador hace un cuadro resumen de las ocurrencias registradas que servirá para la interpretación y valoración de la eficacia del aprendizaje alcanzado por los alumnos y el investigador podrá hacer un juicio crítico de su actuación y eventuales ajustes requeridos en una futura aplicación.

Se ha planteado para la investigación la resolución de dos problemas complejos:

Caso 1: Sistema de abastecimiento de agua para un campamento minero. Este primer problema se resolverá con cuatro equipos de trabajo colaborativos denominados Grupo 1, 2, 3 y 4, conformados por cuatro alumnos y un jefe de práctica. Es decir, el jefe de práctica 1 tendrá a su cargo 16 alumnos.

De igual manera, para el segundo problema, Caso 2: Abastecimiento de agua potable a dos edificios de departamentos de vivienda económica, el segundo jefe de práctica tendrá a su cargo los Grupos A, B, C y D, conformados por 4 alumnos, sumando también 16 alumnos a su cargo.

En cuanto a las técnicas e instrumentos seleccionados para recoger información, se han seleccionado tres, la primera es la técnica de observación directa efectuada por los jefes de práctica durante el trabajo colaborativo y registrado en fichas aparentes en las sesiones síncronas y asíncronas, este instrumento se denomina ficha de observación. Adicionalmente, el investigador llevará un diario docente donde registrará ocurrencias observadas en las sesiones síncronas, en base a las presentaciones que los estudiantes hagan sobre sus trabajos. El segundo instrumento será la evaluación de los grupos participantes para lo cual se cuenta con dos rúbricas, a ser aplicadas la tercera y sexta semana de investigación y la tercera herramienta consiste en la aplicación de un cuestionario a los alumnos participantes, al final de la investigación, a través del cual se registrará la información de los estudiantes que nos permitan contrastar y evaluar resultados obtenidos versus los supuestos en el planteamiento general, en las fichas de

observación y en las rúbricas de evaluación. Para validar las bondades de las fichas y rúbricas diseñadas, se han sometido a la revisión de dos especialistas docentes del departamento de educación de la institución que analizaron la pertinencia, relevancia y consistencia de los mismos. Para el cuestionario a los estudiantes los especialistas que lo validaron son un Doctor en Ingeniería con especialidad en Hidráulica y una Doctora en Educación, ambos profesores universitarios. El cuestionario revisado y aprobado se adjunta en la sección de anexos.

Adicionalmente a lo descrito se debe tener presente que por exigencia de la administración de la institución donde se dicta el curso, se debe adjuntar una evaluación sumativa que permita reemplazar las calificaciones de las prácticas 3 y 4 del curso regular que los alumnos están dejando de rendir por atender a las tareas de la investigación programada. Para ese fin se ha convenido que las rúbricas que permiten evaluar el trabajo colaborativo y asignar puntaje grupal, sean revisados y corregidos por el investigador en coordinación con los jefes de práctica, quienes proporcionarán la evaluación individual para las prácticas 3 y 4 mencionadas. Durante la investigación, estas rúbricas se han evaluado por los jefes de práctica en conjunto con el docente investigador. Se estima que al haber sido usadas estas rúbricas como una especie de "lista de actividades" a desarrollar durante el trabajo colaborativo, de alguna manera ha ayudado a los estudiantes con la evolución de la solución del problema y por lo tanto aporta a la evaluación de la investigación, sobre todo si se contrasta con los resultados del cuestionario respondido por los estudiantes. Se espera que esta contrastación pudiera dar como resultado algunas conclusiones que refuercen o no lo hallado en el análisis entre las fichas de observación y diario docente contra el cuestionario.

El informe de investigación se obtendrá del registro y de la comparación entre las ocurrencias y percepciones del docente y jefes de práctica contra los resultados de la evaluación con las rúbricas y del cuestionario aplicado a los alumnos, usando como elementos de comparación las características del trabajo colaborativo y del desarrollo de problemas complejos obtenidos de la investigación. Se espera detectar con esta comparación guiada por el alineamiento mostrado en el ítem 1.6 y la reflexión docente

correspondiente, se puedan plantear los ajustes necesarios para mejorar la innovación y recomendarlos para una futura aplicación.



CAPITULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS

La información recogida a través de la investigación tiene como objetivo dar respuesta al problema de investigación planteado, es decir ¿de qué manera el diseño instruccional y la metodología colaborativa pueden propiciar el desarrollo de la competencia de resolución de problemas complejos en un curso de ingeniería?

Una de las maneras para desarrollar el análisis es tratando de validar el nivel del logro de los aprendizajes establecidos y relacionarlos con la resolución de problemas complejos (Biggs y Tang, 2011), lo que extraído del sílabo del curso y orientado a los problemas propuestos permitirá establecer una relación de dichos logros, dando como resultado que, al término de la innovación los estudiantes deben ser capaces de:

Tabla 4

Niveles de logro

RA1: Aplicar la ecuación de la Energía para situaciones del problema (incluye sistemas de bombeo)
RA2. Calcular pérdidas de carga para esas situaciones (incluye selección de materiales y accesorios)
RA3: Resolver analíticamente las redes planteadas (para presiones de servicio)
RA4: Mostrar y organizar resultados (incluyendo seguridad, medio ambiente, factores globales, economía, etc.)

Las evidencias recogidas durante la investigación provienen de tres fuentes, la primera de los diarios docentes de los jefes de práctica y del investigador docente, que constituyen un método de evaluación directo: observación directa del desempeño. La segunda en base a los criterios organizados para las dos etapas de evaluación que se han aplicado con las rúbricas correspondientes, lo cual apunta a otro método de evaluación directa. La tercera, en base a una encuesta aplicada a los estudiantes al finalizar la investigación, lo cual significa un método de evaluación indirecta.

De los diarios docentes se han reunido 23 fichas de observaciones correspondientes a las reuniones síncronas y asíncronas de la innovación, de la aplicación de las rúbricas, aplicadas en dos etapas a 8 grupos de estudiantes cada vez, de los cuales se han obtenido 16 evaluaciones y de la encuesta se han obtenido 15 respuestas de 28 estudiantes involucrados, los cuales han respondido a 23 preguntas aplicadas.

Para poder evaluar y analizar toda esta cantidad de documentos procederemos a clasificarla y representarla con esquemas, cuadros o tablas que faciliten la lectura y posterior interpretación (Ramírez, 2015).

4.2 ORGANIZACIÓN DE LAS EVIDENCIAS

La organización de las evidencias recogidas a través de los diarios docentes se ha ordenado en la tabla 5 que muestra, el desarrollo de las cinco primeras sesiones que se realizan en las tres primeras semanas de investigación en las cuales se enfatiza en temas relacionados a la contextualización del problema y un primer avance relacionado con el trabajo colaborativo y con las seis sesiones restantes, que corresponden a las tres semanas finales del semestre y que se concentraron en el desarrollo de la solución del problema.

En la siguiente organización cronológica, se presenta en dos columnas lo registrado durante la investigación:

Tabla 5

Evidencias registradas en el diario docente

Sesión/ Fecha/ participante		Grupos A-D	Grupos 1-4
Sesión 1 Síncrona 23/10 Investigador JP (A-D) JP (1-4)	Información general/ ocurrencias	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación general del proyecto de innovación. • Se procedió a formar grupos para el trabajo colaborativo • 16 estudiantes voluntarios con quienes se formaron 4 grupos (A, B, C y D) en coordinación con el investigador, quien presentó el problema a 	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación general del proyecto de innovación. • Se procedió a formar grupos para el trabajo colaborativo. • 16 estudiantes voluntarios formaron 4 grupos (1, 2, 3 y 4) en coordinación con el investigador, quien

		<p>resolver (caso 2) y absolvió consultas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tienen nociones del flujo en tuberías • Intercambiaron información de contacto. 	<p>presentó el problema a resolver (caso 1) y absolvió consultas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tienen claro los conceptos de presión, necesidades de bombeo, aunque sin nociones de los aspectos relevantes y de mantener un nivel mínimo de presión de servicio. • No conocen detalles del flujo en tuberías.
	Percepciones Actitudes/ opiniones	<ul style="list-style-type: none"> • Asistencia total. • Buena disposición a la información, atención al proyecto, muy motivados. • Los estudiantes del grupo D hicieron muchas preguntas puntuales. • Del grupo de estudiantes del C, sólo uno hacía preguntas sustentando mientras los otros opinaban o preguntaban sin mayor sustento. • Coordinaron sesión asíncrona para el 25/10. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asistieron 15 estudiantes. • Se mostraron optimistas y entusiasmados por el problema a resolver. • Creen tener claro cómo atacar la solución del problema. • Sus preguntas fueron muy generales y orientadas a los alcances del problema. • Se sugirió que coordinen la sesión asíncrona con su JP, para preparar la presentación del 27/9. • Se acordó sesionar el 25/10.
Sesión 2 Asíncrona 25/10 JP(A-D) y JP (1-4)	Información general/ ocurrencias	<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes entienden los conceptos involucrados en el proyecto. • Comprenden los conceptos de pérdidas por fricción y accesorios en tuberías. • Se trabajó el trazo de las tuberías. 	<ul style="list-style-type: none"> • El planteamiento unánime consiste en la adición de un elemento de captación de agua del río el cual debe ser bombeado a un tanque o reservorio elevado desde el cual se reparte a los campamentos. Varían en la ubicación, ruta de las tuberías. • Curiosamente, ningún estudiante había estimado la cantidad de agua a derivar.

	Percepciones Actitudes/ opiniones	<ul style="list-style-type: none"> • Solo el grupo D mostró un avance considerable. • Los demás grupos mostraron trazados tentativos. • En dos grupos se evidenció que hubo integrantes que trabajaron más. • Asistieron 14 alumnos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El entusiasmo de los estudiantes decreció considerablemente al llegar al punto de la captación, lo asumieron como un reto de gran dificultad. • Las propuestas emergentes durante la reunión asíncrona, sin mayor investigación, mostraron una voluntad de aprendizaje evidente. • Se retroalimenta para que puedan atacar el tema.
Sesión 3 Síncrona 27/10 Investigador JP(A-D) JP (1-4)	Información general/ ocurrencias	<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes investigaron los requerimientos de caudal según norma RNC. • Conocen las ecuaciones de pérdidas en tuberías. • Desarrollaron hojas de cálculo para pérdidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pidió que trabajen con dotaciones y caudales para fijar términos y alcances de cada solución. • Se pidieron más reuniones colaborativas y cálculos que sustenten los resultados.
	Percepciones Actitudes/ opiniones	<ul style="list-style-type: none"> • Algunas presentaciones más elaboradas de lo esperado. • Todos los estudiantes no supieron tratar la distribución de caudales. • El avance en esta reunión fue mayor que en la asíncrona. • El JP considera que la reunión asíncrona los compromete a desarrollar un avance constante. • Coordinaron sesión asíncrona para el 31/10. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buenas presentaciones de todos los grupos, inclusive un grupo con más de lo solicitado, pero sin sustento técnico. • Se ha percibido una mayor complicación en el tratamiento de la estructura de captación y no se concentran en lo importante que son los niveles máximos y mínimos de bombeo. • Coordinaron sesión asíncrona para el 01/11.
Sesión 4 Asíncrona JP(A-D) 31/10 JP (1-4)	Información general/ ocurrencias	<ul style="list-style-type: none"> • El grupo C hizo investigaciones de características del lugar del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asistencia a la sesión: 10 estudiantes (66%). • Más allá de la contextualización del problema, no hay mayor avance.

01/11		<ul style="list-style-type: none"> • Asumieron provisión de agua de la red de 05 am a 22 pm. • Nuevamente se evidenció que aún no comprenden cómo relacionar el caudal con el sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay avance en el trabajo grupal, hay participantes que muestran interés y empeño, en el ámbito individual y a nivel grupal no hay mayor progreso.
	Percepciones Actitudes/ opiniones	<ul style="list-style-type: none"> • Los avances de los 4 grupos son constantes, pero con los mismos errores. • Se les pidió que recalculen corrigiendo los caudales. Se les mostró ejemplos para hacerlo correctamente. • Todos los alumnos presentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • No hubo respuesta adecuada de los estudiantes a la tutoría, perdieron interés rápidamente al cálculo de pérdidas. • Se notó que no cumplieron en profundizar los temas tratados en la sesión anterior. • El pretexto para el problema descrito fue el tratar un tema no visto en el curso.
Sesión 5 Síncrona 03/11 Investigador JP(A-D) JP (1-4)	Información general/ ocurrencias	<ul style="list-style-type: none"> • Asistieron 16 de los 16 estudiantes del grupo. • Los grupos exponen sus avances a la fecha y son evaluados por los JP y el investigador. • De las exposiciones se concluye: <ul style="list-style-type: none"> ➢ Conocen: cómo calcular dotaciones, diseñar sistema de transporte, sistema de verificación y bombeo, pero aún no lo han hecho. ➢ Presentaron: croquis del sistema de bombeo, vistas en planta, tipos de tuberías a usar y cálculos para dotaciones y abastecimiento. • El JP procedió a evaluar con la rúbrica de la primera etapa y revisó con el investigador posteriormente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asistieron los 15 estudiantes del grupo. • Las exposiciones muestran avances dispares. Los Grupos 1,2 y 3 tienen completa la presentación, sin poderla sustentar. El grupo 4 sigue estancado. Hay un alumno menos en el grupo y otro que no asiste. • En cuanto a los contenidos, el grupo 1 con mejor contenido, 2 y 3 complican el ejercicio, 4 estancado. • No se puede discernir si la no fundamentación del avance deriva de un problema de socialización de los conocimientos o la falta de ellos.

		<ul style="list-style-type: none"> • Coordinaron sesión asíncrona para el 07/11. 	<ul style="list-style-type: none"> • El JP procedió a evaluar con la rúbrica de la primera etapa y revisó posteriormente con el investigador. • Coordinaron 2 sesiones asíncronas para el 05 y 09/11.
	Percepciones Actitudes/ opiniones	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los estudiantes no investigaron el sistema de derivación de la red domiciliaria. • El grupo A tuvo un desarrollo importante. • El grupo B presentó demasiada información, no supieron sintetizar y no había claridad. • El grupo C utilizó una bomba en un edificio y dos en el otro. • El grupo D conectó una bomba directamente a la red, lo que es un error. • Ningún grupo verificó la presión de servicio en forma correcta. • La exposición varió de expositor a medio camino lo que evidenció quién lideró el desarrollo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se observa falta de validación en muchas resoluciones adoptadas con relación a los diámetros, materiales, tiempos de llenado, etc. • La tibieza de las respuestas ante las preguntas del investigador durante la sustentación de sus trabajos dio origen a una fuerte llamada de atención del jefe de práctica. • Grupo 1- se le indicó que presente cálculos relevantes. • Grupo 2- recomendaciones generales. • Grupo 3- presentación complicada, captación compleja, se hicieron ajustes por consenso. • Grupo 4- avance pobre, fragmentación y poca comunicación del grupo.
Sesión 6 Asíncrona JP(A-D) 07/11 JP(1-4) 05/11 09/11	Información general/ ocurrencias	<ul style="list-style-type: none"> • Se está ahondando en la socialización del conocimiento en cada grupo. • Procedimentalmente los estudiantes deben empezar a elaborar planos de la red, perfil longitudinal y sintetizar la memoria de cálculo. 	<ul style="list-style-type: none"> • El JP hizo dos reuniones asíncronas para recuperar el avance. • Poco avance respecto de la reunión anterior. • Los grupos 3 y 4 muestran un atraso respecto de los grupos 1 y 2. • Se aprecia que los estudiantes tienen un panorama más claro de

			los requerimientos del ejercicio y se les ha orientado a realizar las validaciones correspondientes
	Percepciones Actitudes/ opiniones	<ul style="list-style-type: none"> • En el grupo A, se ha investigado el sistema de bombeo, pero aún no se ha socializado en el grupo. • En el grupo B sucede lo mismo con el tema de la alternancia de bombas. • En el grupo C, se repite la carencia, pero con el tema del tanque elevado y cisterna. • En el grupo D no hubo avance por falta de tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> • En los grupos 3 y 4 el decaimiento y falta de interés en responder a las indicaciones parece responder a la participación activa de dos de los componentes del grupo en cada caso. • En los grupos 1 y 2 se nota un repunte del interés.
Sesión 7 Síncrona 10/11 Investigador JP(A-D) JP (1-4)	Información general/ Ocurrencias	<ul style="list-style-type: none"> • En esta sesión los estudiantes debían presentar avances de planos de captación, perfil longitudinal y sistema de bombeo, sin embargo, al no conocer en qué consiste un plano de detalle y no saber cómo se realiza una captación, se empezó a instruirlos al respecto. • El investigador atendió a los grupos A y B sobre problemas de abastecimiento a edificios • Observó ciertos desajustes en la transmisión del conocimiento en el grupo A. • Coordinaron sesión asíncrona para el 15/11. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes mostraron problemas al identificar tiempos de llenado de reservorios y sistemas de bombeo propicio. Tenían mucha información y no sabían usarla adecuadamente. • Sigue el desbalance entre los grupos 1 y 2 comparado con los grupos 3 y 4. • Se nota la falta de coordinación en los grupos o de transmisión de los conocimientos. • Continúan los problemas de falta de justificación de algunas decisiones tomadas en las soluciones. • El investigador asesoró a los grupos 3 y 4 sobre particularidades de abastecimiento a campamentos mineros. • Coordinaron sesión asíncrona para el 16/11.
	Percepciones Actitudes/	<ul style="list-style-type: none"> • No se notó avance porque estuvieron subsanando 	<ul style="list-style-type: none"> • Se comunicó la no participación de un estudiante en el grupo

	opiniones	<p>errores detectados en la evaluación del 03/11.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se compartió un vídeo para ver el diseño de captación de una tubería de alimentación. 	<p>2. No se tenía esta información.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El grupo 4 sigue con dos participantes. • Las observaciones del investigador a las presentaciones siguen intimidando a los estudiantes. Se ha pedido al JP atención especial a los grupos 2 y 4.
<p>Sesión 8 Asíncrona JP(A-D) 15/11</p> <p>JP (1-4) 16/11</p>	<p>Información general/ Ocurrencias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El JP hizo un listado de las tareas pendientes de cada estudiante en relación con la presente sesión. • Se ha dado instrucciones a los grupos para la elaboración de planos pendientes. • Los investigadores están ahondando en el grado de socialización del conocimiento en cada grupo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los grupos 1,2 y 3 han preparado información importante para el trabajo final, hojas de cálculo ordenadas, aunque con excesiva información. Se ha orientado su racionalización. • El grupo 4 no asistió a la reunión asíncrona. • Es importante el avance alcanzado. • Se revisaron vídeos para ver el funcionamiento y consideraciones en el sistema de bombeo, que era un asunto pendiente. • Solo asistieron 5 estudiantes de 14 que debían hacerlo.
	<p>Percepciones Actitudes/ opiniones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se estableció para cada grupo las responsabilidades para el avance de la próxima sesión síncrona del 17/11. • Se continuó con el diseño de planos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes presentes ya tienen absueltas la mayoría de dudas, deben pulir la presentación de la información. • Se espera que, con las indicaciones dadas y el aumento de ánimo de los estudiantes, así como con el cumplimiento de las tareas asignadas permita la culminación del trabajo que

			<p>aparentemente solo falta pulir detalles.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sensación es que la socialización de los conocimientos no es horizontal y solo 1 o 2 de los miembros del grupo asisten y asimilan todo y tratan de entrenar al resto para las exposiciones.
<p>Sesión 9 Síncrona 17/11 Investigador JP(A-D) JP (1-4)</p>	<p>Información general/ Ocurrencias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El investigador atendió a los grupos C y D e hizo observaciones sobre las cajas para proteger las válvulas de derivación en C y a la presentación de la línea de energía en el sistema de bombeo en D. • Los investigadores están ahondando en el grado de socialización del conocimiento en cada grupo. • Elaboración de planos en etapa de desarrollo. • Los estudiantes vienen cumpliendo las tareas pendientes. • Coordinaron sesión asíncrona para el 21/11. 	<ul style="list-style-type: none"> • El investigador atendió a los grupos 1 y 2 e hizo observaciones por falta de accesorios en la línea de bombeo en ambos grupos. • Los grupos aún no sustentan adecuadamente sus presentaciones. • El grupo 3 indica que sólo 2 de ellos han efectuado casi todo el trabajo. • Al grupo 4 le falta recuperar ritmo de trabajo para la presentación final • Los grupos 1 y 2 han mejorado su avance. • Se coordinaron 3 sesiones asíncronas para el 21 ,22 y 23/11
	<p>Percepciones Actitudes/ opiniones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se retiró el estudiante Luis Torres del grupo C. Se redistribuye su trabajo entre los restantes del grupo. • Nuevamente el JP hizo un listado de las tareas y ajustes pendientes de memorias y planos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El principal problema con estos grupos es el orden en el trabajo y en su organización. • Es claro que la socialización de los conocimientos no es completa. • La falta de participación recién se detecta al ver que en las sustentaciones cuando un expositor no responde a consultas del investigador, automáticamente es

			cubierto por algún compañero.
<p>Sesión 10 Asíncrona JP(A-D) 21/11</p> <p>JP (1-4) 21/11 22/11 23/11</p>	<p>Información general/ Ocurrencias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Última sesión asíncrona. Esta reunión sirvió para verificar todo el desarrollo del proyecto. • El JP distribuyó las responsabilidades en la corrección, ajustes y confección de la información final a presentar, en particular el diseño de planos pendientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • El JP convino en tres reuniones asincrónicas antes de la presentación final, con el objetivo de nivelar los avances. • El enfoque de estas sesiones fue cómo presentar sus documentos y qué criterios se tomarían en cuenta para la evaluación final. • Mejoró la asistencia y la participación general fue buena, pero se pudo evidenciar problemas comunes a todos los grupos: cómo orientar los planos y sus contenidos para la exposición y afianzar algunos detalles respecto al sistema de bombeo.
	<p>Percepciones Actitudes/ opiniones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se determinó la responsabilidad de cada estudiante para con su grupo. • Se explicó que cada alumno debía conocer íntegramente la solución del problema y que en la presentación final iban a ser interrogados al respecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Anímicamente la actitud de los estudiantes ha mejorado considerablemente respecto de las sesiones anteriores. • El JP insiste en que la socialización de los conocimientos ha sido de carácter vertical dado que los alumnos ausentes son prácticamente los mismos. • En general los grupos tienen más claro los criterios para la elaboración de informes, que los criterios a presentar sus planos y cómo resumir la información.

Sesión 11 Síncrona Investigador JP (A-D) JP (1-4)	Información general/ Ocurrencias	<ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de exposición se extendió a poco más de 3 horas. • Los estudiantes deben corregir sus planos y memorias con las últimas aclaraciones efectuadas en la exposición. • La evaluación de la segunda rúbrica se convino efectuar en una reunión posterior entre el investigador y los JP. 	<ul style="list-style-type: none"> • La calidad de la información se ha incrementado considerablemente, tanto en la resolución del problema como en la presentación por parte de los estudiantes. • Las fallas detectadas fueron menores y con la retroalimentación se considera que se han logrado los objetivos de la innovación.
	Percepciones Actitudes/ opiniones	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos errores generales detectados: olvidaron válvulas en las líneas de captación, asumieron 4 dormitorios en viviendas económicas, en el perfil longitudinal errores de detalle. • Grupo A: Usaron un solo caudal para dimensionar, sin considerar que en la derivación disminuye. • Grupo B: consideró un coeficiente de seguridad de 1.5 para la bomba, que es muy elevado. • Grupo C: diseño estándar, sin complicaciones. • Grupo D: no generaron suficiente presión al piso más elevado. Se recomendó elevar el tanque algunos metros sobre la azotea del edificio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo 1- El expositor original tuvo problemas de conexión y fue reemplazado inmediatamente. Ambos manejaron bien la exposición. • Grupo 2- Falta de seguridad del expositor, posiblemente por nervios, pero el sustento fue suficiente. • Grupo 3- Los valores mostrados y el sustento tuvieron cierta deficiencia, sin embargo, la presentación fue buena y el estudiante supo justificar sus consideraciones. • Grupo 4- El expositor no tenía mucha seguridad y el sustento fue pobre.

La segunda fuente de información proviene de las rúbricas de las evaluaciones aplicadas a cada grupo de trabajo colaborativo. La primera rúbrica evalúa el trabajo de las tres primeras semanas de aplicación de la investigación. Esta se aplicó a los 8 grupos de estudiantes (A, B, C y D y 1, 2, 3 y 4) y se ha denominado rúbrica 1. La segunda se ha aplicado a los 8 grupos al final de la sexta semana, denominándose rúbrica 2 y evalúa la parte de resolución de problemas realizada entre las semanas cuatro y seis. Estas

rúbricas permiten establecer una relación directa entre los criterios asumidos y el nivel de los logros de aprendizaje obtenidos por los grupos de trabajo, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Rúbrica 1. Criterios de relación entre las evaluaciones de las rúbricas y criterios de aprendizaje de la innovación

Primera parte: 1. Diseña proyectos de infraestructura tomando en cuenta la normativa vigente, las condiciones del entorno y el impacto ambiental, con criterios de seguridad, economía, utilidad y funcionalidad.					
RUBRICA 1					
	R1C1: Define caudales y volúmenes de agua	R1C2: Justifica ubicación y dimensiones de captación	R1C3: Define el trazo y dimensiona almacenamientos	R1C4: Diseña sistema de bombeo	R1C5: Verifica presiones de abastecimiento.
RA1: Aplicar la ecuación de la Energía para situaciones del problema				X	X
RA2. Calcular pérdidas de carga para esas situaciones				X	X
RA3: Resolver analíticamente las redes planteadas	X	X	X		

Tabla 7

Rúbrica 2. Criterios de relación entre las evaluaciones de las rúbricas y criterios de aprendizaje de la innovación

	RUBRICA 2				
	R2C1: Ilustra con croquis el diseño para captación y bifurcaciones	R2C2: Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo	R2C3: Dimensiona y ubica almacenamientos y determina niveles	R2C4: Registra y justifica las memorias de cálculo	R2C5: Resume ilustrando con planos de planta, perfil y detalles
RA1: Aplicar la ecuación de la Energía para situaciones del problema	X	X		X	
RA2: Calcular pérdidas de carga para esas situaciones		X		X	
RA3: Resolver analíticamente las redes planteadas	X	X	X	X	X
RA4: Mostrar y organizar resultados		X	X	X	X

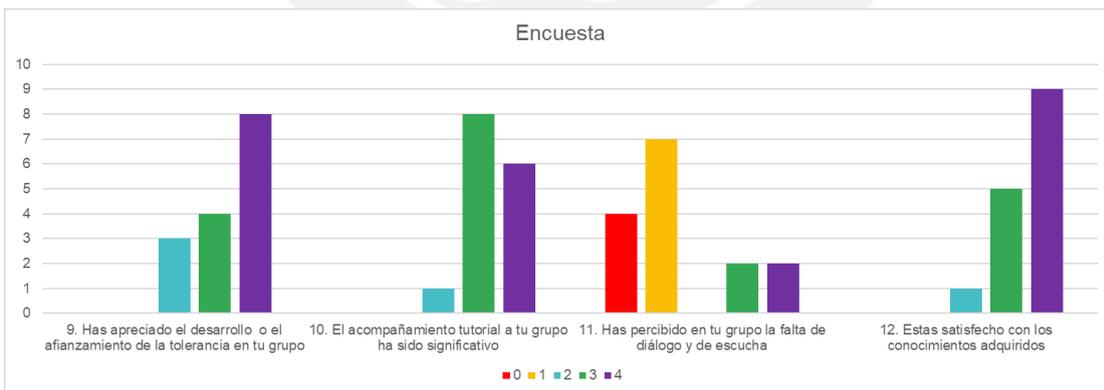
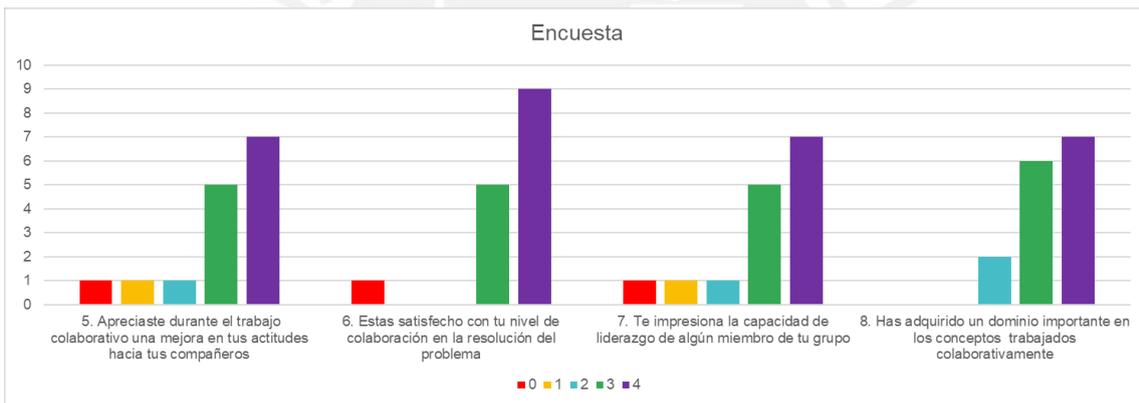
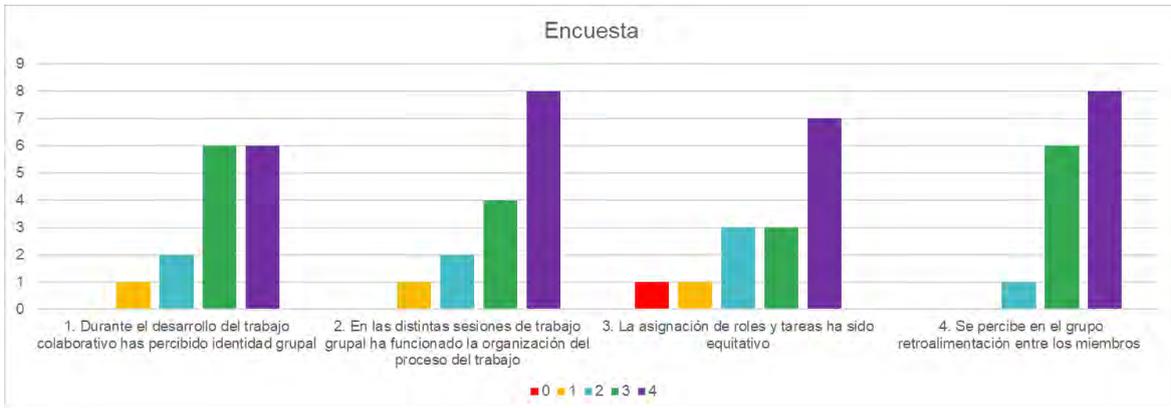
En la tabla precedente los criterios de aprendizaje evaluados con las rúbricas son del R1C1 al R1C5 y cada uno de ellos aporta información sobre determinados criterios de aprendizaje de la investigación, que son RA1, RA2, RA3 y RA4. De igual manera para la rúbrica 2, los criterios R2C1 al R2C5 con RA1, RA2, RA3 y RA4. Las dos rúbricas de las evaluaciones aplicadas a los ocho grupos de estudiantes proporcionan dieciséis evaluaciones que se adjuntan en el anexo 6.

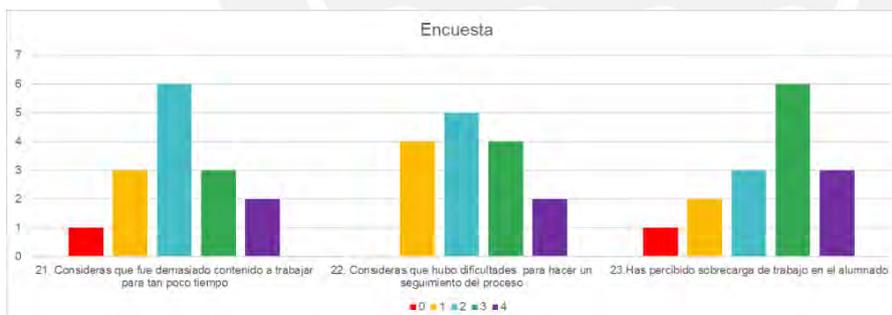
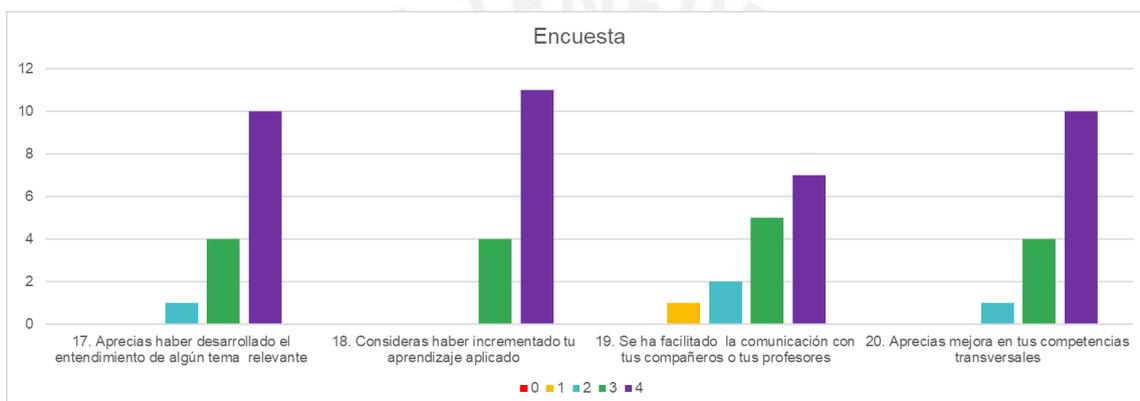
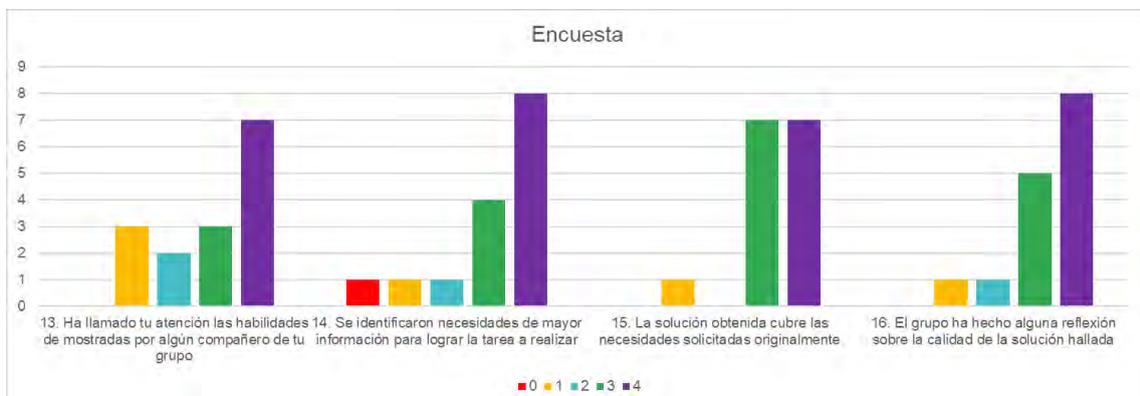
La tercera fuente de información consiste en un cuestionario aplicado a los estudiantes que consta de 23 preguntas que se refieren, las once primeras, a las características del trabajo colaborativo y las doce siguientes a la resolución de problemas complejos. Este cuestionario ha sido validado para la investigación y ha sido respondido por quince estudiantes que participaron de la investigación. Dichos resultados se muestran en la tabla 8 siguiente, donde la escala de valores es:

Tabla 8

Resultados del cuestionario a los estudiantes

0 = nunca, 1= a veces, 2= regularmente 3= casi siempre, 4= siempre





4.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS EVIDENCIAS

4.3.1 De los diarios docentes

De primera impresión, lo revisado de los diarios docentes muestra un comportamiento diferente de los grupos de estudiantes como respuesta a los problemas planteados. Así los estudiantes que solucionaron el segundo problema, es decir el abastecimiento de agua a dos edificios de departamentos económicos cerca de un

balneario al sur de Lima, que fueron denominados como grupos A, B, C y D, si bien demoraron en convenir una solución general al problema planteado en la primera etapa, lograron superarlo con la retroalimentación y distribución de tareas para acometer la segunda etapa y al resolver esta segunda etapa tuvieron algunas omisiones y errores no muy significativos. Los estudiantes que solucionaron el problema 1, es decir el abastecimiento de agua a un campamento minero, que fueron denominados como grupos 1, 2, 3 y 4, se distrajeron desde el inicio del trabajo colaborativo tratando de solucionar un problema de captación que no sabían cómo resolver, eso los llevó a desánimo y costó mucho trabajo y tiempo volverlos a conectar con el problema. Sin embargo, la guía del JP al hacer varias sesiones asíncronas con estos grupos los regresó al problema de tal suerte que pudieron resolver la segunda etapa, también con algunas omisiones y errores irrelevantes. Las observaciones y los comentarios registrados tienen connotaciones y alcances diferentes que hace necesario el análisis por separado de ambos grupos.

Por otro lado, los JP demoraron en resolver con los alumnos de sus grupos los problemas rutinarios que se habían planteado en las separatas y se habían distribuido a los estudiantes en la primera sesión, cosa que dilató el plazo para la percepción de los estudiantes de los detalles de la solución del problema final.

Estos dos inconvenientes hicieron que el comportamiento de los estudiantes y el desarrollo de la solución de los problemas se realice con diferencias que ameritan un análisis dedicado para cada grupo, lo que adicionalmente al mayor trabajo que demandó a los JP, aportó información valiosa a la investigación y a las conclusiones derivadas de la misma. En consecuencia, se analizará por separado los resultados del diario docente para cada uno de los grupos formados, es decir para el problema 1 y 2.

El análisis cronológico del diario docente está ordenado en la primera columna para la resolución del problema 2 (tabla 1), por ello comenzaremos el análisis con los grupos A, B, C y D.

- En la primera semana, se realizan las sesiones 1 y 2 y en ellas se observa buena disposición de los estudiantes para recibir la información, atender a los detalles del proyecto y se les nota muy motivados. Así se puede registrar un avance considerable en el grupo D y trazos tentativos de las redes en los otros tres grupos.

- En la segunda semana se realizan las sesiones 3 y 4 y en ellas los estudiantes presentan de manera más elaborada a lo esperado sus planteamientos de solución del problema y muestran un buen avance. Se observa que no saben cómo distribuir los caudales de agua y los cuatro grupos presentan los mismos errores. El entusiasmo continúa y se recibe la retroalimentación con buen ánimo.
- En la tercera semana, en la sesión 5 los estudiantes deben hacer una presentación de sus avances exponiendo ante sus compañeros y el grupo docente (investigador y jefes de práctica). Se registra la siguiente información: los expositores de cada grupo, se intercalan en el transcurso de la exposición conforme van cambiando de tema lo que nos indica que se han distribuido las tareas, pero no han compartido los conocimientos. Se les indica que deben socializar los conocimientos. Además, se observa que, si bien las presentaciones se han preparado con esmero, existen errores que deben corregirse, por ejemplo:
 - Grupo A: desarrollo importante pero no sabe calcular dotaciones.
 - Grupo B: demasiada información, debe eliminar la irrelevante.
 - Grupo C: abastece con una bomba a un edificio y con dos al otro, sin sustento.
 - Grupo D: succiona conectando la bomba directamente de la red, lo que es contraindicado por las normas.

En la sesión 6, los grupos A, B, y C han efectuado las correcciones y el grupo D no avanzó mucho en ello alegando falta de tiempo.

- En la cuarta semana, en la sesión 7 los grupos debían hacer presentaciones de planos de captación, perfil longitudinal y sistemas de bombeo. No se había avanzado en ello por hacer las correcciones de las sesiones precedentes. El investigador atendió a los grupos A y B y retroalimentó con información sobre abastecimiento de agua a edificios. Se coordinó con el JP para compartir un video en la sesión asíncrona. Se observó cierta descoordinación en el grupo A. En la sesión 8, el JP hizo un listado de las tareas pendientes e instruyó a los estudiantes sobre cómo trabajar los planos pendientes. Se hizo

distribución de tareas y responsabilidades para la presentación de la sesión 9. Se sigue insistiendo en la transmisión de los conocimientos dentro del grupo.

- En la quinta semana, en la sesión 9, presentaron sus trabajos los grupos C y D, en la cual se observó que no habían considerado caja para válvulas en C y no habían desarrollado el trazo para la línea de bombeo en D. Se retroalimentó esos temas. El grupo C estaba trabajando con tres estudiantes ante el abandono de uno de ellos. Se distribuyeron las tareas para cubrir los temas, haciendo un listado final. En la sesión 10 el JP revisó todo lo efectuado por los cuatro grupos, haciendo con ellos los ajustes para la presentación final. Asimismo, se determinó la responsabilidad de cada estudiante y la del grupo para esta presentación.
- En la sexta semana en la sesión 11 se presentaron los trabajos finales en una exposición de los cuatro grupos ante sus compañeros y docentes. Los trabajos cubrieron los estándares desarrollados, aunque se detectaron algunos errores que se deben levantar:
 - Grupo A: Considerar un solo caudal para conducir, sin tener en cuenta la variación en la bifurcación.
 - Grupo B: Consideró un coeficiente de seguridad de 1,5 en el sistema de bombeo. Debió usar el gráfico del fabricante para ese fin.
 - Grupo C: Hizo un diseño estándar, sin mayores errores.
 - Grupo D: Le faltó presión en el último piso del edificio. Se le recomendó elevar 2 metros el nivel del reservorio en la azotea.

El resumen del trabajo colaborativo para este grupo nos indica:

1- Las 2 primeras semanas los estudiantes estuvieron muy motivados y muestran buen avance en el trabajo.

2- La tercera semana, los expositores se empiezan a reemplazar, evidenciando distribución de tareas, pero no han compartido los conocimientos.

3- La cuarta semana no se notó avance respecto de la semana anterior. Se tuvo que programar las tareas siguientes haciendo el JP un listado de las actividades.

4- La quinta semana se notó avance, se corrigieron errores y se señalaron responsabilidades para la presentación final. En estas dos últimas semanas los grupos tuvieron desequilibrios internos por lo cual el JP asignó tareas.

5- La sexta semana, los trabajos cubrieron los estándares, pero se notó algunas fallas de detalle y que no crearon suficientes contenidos propios.

Revisando la segunda columna de la tabla 1, es decir la información de los diarios docentes para los grupos 1, 2, 3 y 4, que resolvieron el problema 1 de abastecimiento de agua para un campamento minero, se puede resumir:

- En la primera semana, se realizan las sesiones 1 y 2 y en ellas se observa optimismo y entusiasmo por el problema a resolver. Los estudiantes hacen preguntas interesantes en la primera sesión y creen tener claro cómo atacar la solución del problema. En la sesión asíncrona mostraron propuestas que evidenciaban no haber hecho ninguna investigación, ningún estudiante había estimado la cantidad de agua a derivar y se encontraron con un problema de derivación de agua de un río y lo asumieron como un reto de gran dificultad. Se retroalimenta para que puedan atacar el tema.
- En la segunda semana, en la sesión síncrona 3 nuevamente se notó que no habían resuelto el problema de dotaciones y caudales para poder fijar términos para la solución del problema. Se les pidió que realicen reuniones colaborativas para sustentar sus presentaciones. En la reunión asíncrona cuatro de diez estudiantes asistieron y no hubo avance. Se notó que no cumplieron en profundizar los temas tratados en la sesión anterior y hubo una pérdida de interés ante la presentación del problema rutinario de cálculo de pérdidas.
- En la tercera semana, en la sesión 5 los estudiantes deben hacer una presentación de sus avances exponiendo ante sus compañeros y el grupo docente (investigador

y jefes de práctica). Se registra la siguiente información: los expositores de cada grupo muestran avances dispares. Los grupos 1, 2 y 3 tienen completa la presentación, sin poderla sustentar. El grupo 4 se ha estancado en la captación. El JP no puede discernir si la no fundamentación se debe a una falta de conocimientos o debido a una falta de socialización de lo investigado por los estudiantes. Ante la falta de validación de algunas decisiones con relación a los diámetros, materiales, tiempos de llenado, etc., junto con una fuerte llamada de atención, se hicieron las siguientes recomendaciones:

- Grupo 1: que presente cálculos relevantes.
- Grupo 2: recomendaciones generales de presentación.
- Grupo 3: deben simplificar la presentación, hacer ajustes en su captación que es complicada.
- Grupo 4: avance pobre, fragmentación de la información.

El JP hizo dos reuniones asíncronas (sesión 6) con el grupo para recuperar el avance.

Los grupos 3 y 4 presentan un cierto retraso con respecto a los grupos 1 y 2.

En los grupos 3 y 4 hay solo dos estudiantes que trabajan (que implica menos tiempo de dedicación a las actividades) y en los grupos 1 y 2 se nota un repunte de interés.

- En la cuarta semana, en la sesión 7 los grupos debían hacer presentaciones de planos de captación, perfil longitudinal y sistemas de bombeo. No se avanzó en ello por hacer las correcciones de las sesiones precedentes razón por la cual sigue el entrapamiento de los estudiantes sobre tener mucha información y no saber cómo manejarla, así como el desbalance entre los grupos 1 y 2 respecto de los grupos 3 y 4. El investigador asesoró a los grupos 3 y 4 y retroalimentó con información sobre abastecimiento de agua a campamentos mineros. En la reunión asíncrona sesión 8, donde se iban a hacer ajustes a lo avanzado, solo asistieron cinco alumnos de los grupos 1, 2 y 3 y no asistió ningún estudiante del grupo 4. Se visualizaron videos para ver detalles y aspectos de bombeo. El JP espera que con lo revisado en la mencionada sesión se pueda pulir la presentación

al haberse absuelto la mayoría de las dudas de los estudiantes, sin embargo, esto depende de la socialización de los conocimientos en el grupo.

- En la quinta semana, en la sesión 9, presentaron sus trabajos los grupos 1 y 2, se observó que no habían considerado accesorios en la línea de bombeo. Sin embargo, estos grupos han mejorado su avance en la solución del problema. A los grupos 3 y 4 les falta recuperar el ritmo de trabajo. La falta de participación se manifiesta en las sustentaciones cuando un expositor no responde consultas y es cubierto automáticamente por algún compañero. Es por la razón mencionada que el JP convino en hacer 3 reuniones (sesión 10) asíncronas antes de la presentación final, aclarándose en ellas la presentación de las memorias y de los planos requeridos. Anímicamente la actitud de los estudiantes ha mejorado y la asistencia a la reunión también.
- En la sexta semana en la sesión 11 se presentaron los trabajos finales en una exposición de los cuatro grupos ante sus compañeros y docentes. La exposición se extendió a poco más de tres horas. Los trabajos incrementaron la calidad de la información y cubrieron los estándares requeridos aunque se detectaron algunos errores que se deben levantar:
 - Grupo 1- La exposición fue realizadas por dos estudiantes que la desarrollaron de manera adecuada.
 - Grupo 2 - El sustento fue suficiente.
 - Grupo 3 - Los valores mostrados y el sustento tuvieron cierta deficiencia, sin embargo, la presentación fue buena y los estudiantes supieron justificar sus consideraciones.
 - Grupo 4- El expositor no tenía mucha seguridad y el sustento fue pobre.

En los cuatro grupos, el resumen del trabajo colaborativo nos muestra:

1. El optimismo y aparente motivación mostrada en la primera sesión se fue desvirtuando en las tres siguientes sesiones al no tener avance alguno en la primera tarea de dotaciones y caudales a determinar. Nadie asumió la organización de los grupos. El JP resolvió una tarea rutinaria que era fundamental para la solución del problema (en dicha sesión asistieron diez

estudiantes) y el interés de los alumnos no acompañó a la solución de la tarea, no obstante, se realizó una retroalimentación para incentivar que retomaran el trabajo grupal.

2. En la tercera semana ante una presentación de sus avances sin ninguna sustentación, se acordó que el JP tendría dos sesiones asíncronas con los grupos para retomar el tiempo de atraso. No se pudo discernir, si es que no se distribuyeron las tareas, o no se visualizaron con antelación los contenidos o no se prepararon las sustentaciones.
3. En la cuarta semana se notó cierto desbalance entre los grupos 1 y 2 a diferencia de los grupos 3 y 4, por lo cual se retroalimentó a los cuatro grupos y se citó a los estudiantes a una reunión asíncrona a la cual asistieron cinco estudiantes de los grupos 1, 2 y 3. No fue nadie del grupo 4. En esta reunión los asistentes demostraron mucho interés en retomar el trabajo colaborativo y se aplicaron las tareas rutinarias.
Esa semana se determinó que la recuperación en el avance de los grupos 1 y 2 era mayor que en los grupos 3 y 4. En general tenían mucha información y no sabían cómo usarla. Se determinó que en los grupos 3 y 4 solo trabajaban dos alumnos en cada grupo.
4. En la quinta semana hubo un repunte en las presentaciones de los grupos 1 y 2, pero a los grupos 3 y 4 les faltaba recuperar el ritmo del trabajo. En las sustentaciones se notó que los estudiantes no habían socializado lo investigado personalmente. Razón por la cual se les instó a compartir los conocimientos y a consensuar resultados. Se programaron tres reuniones asíncronas para recuperar el tiempo perdido. Ello conllevó a una mejora de la asistencia y la motivación.
5. En la sexta semana las presentaciones se extendieron a más de tres horas, levantaron su nivel y alcanzaron los estándares establecidos. Se detectaron errores de detalle que se deben levantar.

Fue evidente que la consideración de los saberes previos de los estudiantes no estaba al mismo nivel de conocimiento necesario en los dos problemas propuestos, lo que

mostró falta de contenido de soporte que fue necesario subsanar e improvisar durante la investigación.

Otro aspecto a destacar es la falta de interacción en el trabajo colaborativo que se observó dentro del curso (reuniones síncronas) y fuera del curso (reuniones asíncronas). Esta falta de socialización de los conocimientos también alude a falta de instrumentos y actividades para el trabajo grupal interno y externo al curso, así como al monitoreo de la responsabilidad al asignar roles.

También en el diseño de trabajo grupal fue resaltante la falta de pautas para evidenciar y medir el trabajo individual. Sólo al final de las etapas de investigación (tercera y sexta semana) se han aplicado las rúbricas diseñadas para evaluación grupal.

En general, no obstante las deficiencias detectadas a lo largo de la innovación, en la presentación final de los trabajos, las fallas fueron menores y más relacionadas con la falta de experiencia en el diseño instruccional y del planteamiento del trabajo colaborativo evidenciado más que en la solución del problema complejo. Los errores mencionados durante el desarrollo de la innovación fueron levantados con la retroalimentación en las reuniones externas e internas de asesoría, con el sobre esfuerzo en inversión de tiempo de los JP y estudiantes, y por un mejor planteamiento del diseño instruccional principalmente en la información de soporte y en la información procedimental al grado de considerar que la mayor parte de los estudiantes han logrado los resultados de aprendizaje planteados en la innovación.

4.3.2 De las rúbricas

Habiendo definido en el ítem precedente los logros en los aportes en las competencias, el análisis de las evaluaciones aplicadas a los grupos de estudiantes proporciona la información que constituye la Tabla 9.

Tabla 9

Rúbrica 1- Etapa 1(Contextualización e hipótesis de solución)

Criterios	Grupos A, B, C Y D					Grupos 1, 2, 3 y 4				
	A	B	C	D	Prom.	1	2	3	4	Prom.
R1C1: Define caudales y volúmenes de agua. (0-4 puntos)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	2.75
R1C2: Justifica ubicación y dimensiones de captación (0-4 puntos)	3.0	3.0	2.0	2.0	2.5	4.0	4.0	2.0	0.0	2.5
R1C3: Define el trazo y dimensiona almacenamientos (0-4 puntos)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
R1C4: Diseña sistema de bombeo (0-4 puntos)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	2.0	2.0	2.0	2.5
R1C5: Verifica presiones de abastecimiento. (0-4 puntos)	2.0	1.0	2.0	2.0	1.75	2.5	2.0	1.0	2.0	1.825
Totales	13.0	12.0	12.0	12.0	12.25	16.0	12.5	10.5	9.5	12.125

Tabla 10

Rúbrica 2- Etapa 2(Resolución de problema complejo)

Criterios	Grupos A, B, C Y D					Grupos 1, 2, 3 y 4				
	A	B	C	D	Prom.	1	2	3	4	Prom.
R2C1: Ilustra con croquis el diseño para captación y bifurcaciones (0-4 puntos)	2.0	3.5	3.0	3.5	3.0	4.0	3.0	4.0	2.0	3.25
R2C2: Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo (0-4 puntos)	3.0	3.5	3.0	3.0	3.125	3.0	3.0	3.0	2.0	2.75
R2C3: Dimensiona y ubica almacenamientos y determina niveles (0-4 puntos)	3.0	3.0	4.0	3.5	3.375	4.0	4.0	3.0	3.0	3.5
R2C4: Registra y justifica las memorias de cálculo (0-4 puntos)	3.5	3.0	3.5	3.0	3.25	3.0	3.0	2.0	1.0	2.25
R2C5: Resume ilustrando con planos de planta, perfil y detalles. (0-4 puntos)	3.0	2.0	3.0	3.0	2.75	3.0	3.0	2.0	2.0	2.50
Totales	14.5	15.0	16.5	16.0	15.50	17.0	16.0	14.0	10.0	14.25

Puntaje asignado:

Por encima del nivel esperado: 4, Nivel esperado: 3, casi el nivel esperado: 2

Debajo del nivel esperado: 1 o menos.

El análisis de la información proporcionada por las rúbricas nos lleva a describirlas según las etapas de la investigación en las que fueron aplicadas.

Así los resultados de la evaluación con la rúbrica 1 (ver tabla 9) correspondiente a la primera etapa de la investigación nos muestra lo siguiente:

- En los criterios R1C1, R1C2 Y R1C3, los estudiantes tuvieron valores entre 2 y 4 con lo que podemos decir que se cumplieron razonablemente.
- En los criterios R1C4 y R1C5 tuvieron valores entre 1 y 2, es decir que no se cumplen. La excepción es el grupo 1 que en el criterio R1C4 con 4 puntos.
- La evaluación acumulada en los grupos A, B, C y D varía entre 12 y 13, es decir aprobados con nota baja. Todos los grupos tenían una hipótesis de solución aceptable.
- La evaluación acumulada en los grupos 1 y 2 fue de 16 y 12.5 mientras que la de los grupos 3 y 4 fue 10.5 y 9.5 que constituyen (estas últimas dos) a notas desaprobatorias. Los grupos 3 y 4 no tenían hipótesis de solución en el momento de la evaluación.
- Los totales promedios de ambos grupos fueron similares: 12.25 y 12.125 para los grupos A, B, C y D, y 1, 2, 3 y 4, respectivamente.
- Las deficiencias notables sobre la aplicación práctica de los temas fueron: sistemas de bombeo y presiones de abastecimiento para ambos grupos a excepción del grupo 1 que desarrolló bien el tema.

En la rúbrica 2, correspondiente a la segunda etapa de la investigación (ver tabla 10), se muestra:

- Todos los criterios de la rúbrica (R2C1 a R2C5) para los grupos A, B, C y D varían entre 3 y 4 puntos, es decir conforme al nivel esperado o más, excepto el criterio R2C1 para el grupo A, y R2C5 para el grupo B que corresponden al límite del nivel aprobatorio.

- Para los grupos 1, 2, 3 y 4, se cumplieron casi todos criterios sobre los cuales los valores variaron entre 3 y 4, siendo las excepciones que el grupo 3 tuvo en los criterios R2C4 y R2C5, dos puntos y el grupo 4 tuvo en los criterios R2C1, R2C2 y R2C5, dos puntos y en el criterio R2C4, un punto.

Al igual que en el ítem 4.2.1 y tomando como referencia la tabla mostrada en ese ítem, los criterios que obtuvieron menor puntaje en las rúbricas, en ambos grupos de trabajo, aluden a una falta de componentes y pasos del diseño instruccional para el aprendizaje complejo. Es así que se puede mencionar con relación al componente 1, tareas de aprendizaje, que faltaron ser diseñadas a través de algunas tareas rutinarias con la respectiva información de soporte (componente 2) y procedimental (componente 3). Dicha ausencia no impidió que durante el desarrollo de la aplicación del diseño instruccional se improvisen las tareas del componente 4.

Otra de las deficiencias en la aplicación del diseño instruccional se refiere a la ausencia de actividades e instrumentos para afianzar las tareas de soporte o apoyo, específicamente a estrategias de análisis cognitivo.

Los resultados de las rúbricas, en la mayoría de los criterios responden al nivel esperado o más del nivel esperado, con algunas excepciones. Esto confirma lo afirmado en el párrafo precedente, con respecto a que gran parte de los estudiantes lograron los resultados de aprendizaje esperados.

4.3.3 De la encuesta a estudiantes

La encuesta se remitió a los veintiocho estudiantes que terminaron la aplicación de la innovación, de los cuales contestaron la encuesta quince estudiantes.

Las preguntas de la encuesta se pueden seleccionar en dos categorías: las que se refieren al trabajo colaborativo (preguntas 1 a 11) y las que se refieren a la solución del problema complejo (preguntas 12 a 23) y es en ese sentido que se procederá al desarrollo de los comentarios.

En casi todas las preguntas aplicadas a los estudiantes sobre el trabajo colaborativo hay doce o más estudiantes con puntaje registrado en las encuestas de tres o cuatro puntos en nueve de las once preguntas efectuadas. Esto significa que el 80% de los estudiantes

tienen una magnífica impresión del trabajo colaborativo realizado en la investigación de acuerdo a lo que se aprecia en la Figura 2.

Figura 2
Porcentaje de respuestas sobre trabajo colaborativo



Destacan los aspectos de retroalimentación entre los miembros del grupo, el nivel de colaboración y el acompañamiento tutorial, con más del 90% de aprobación por parte de los estudiantes. Sólo en la pregunta tres, que se refiere a la asignación de roles y tareas, hay un 33% que opina no fue muy equitativa esa distribución y en la pregunta 11, que se refiere a la falta de diálogo y escucha entre los miembros del grupo, el 70% ha percibido esa falta.

En cuanto a las preguntas que se relacionan con la resolución del problema planteado y los conocimientos adquiridos durante la segunda etapa de aplicación de la innovación, entre las preguntas 12 a 20 hay más de 12 estudiantes, es decir el 80% de estudiantes que opina favorablemente sobre aspectos de conocimientos adquiridos: sobre la solución obtenida contra las necesidades originales, sobre el aprendizaje de algunos temas relevantes, sobre la mejora en sus competencias transversales y en la mejora en la comunicación con sus compañeros y profesores; información que se puede apreciar en la Figura 3.

Figura 3
Resolución de problemas complejos



Sobre el incremento de aprendizaje aplicado, se destaca un 100% de opinión favorable lo que se interpreta en el presente trabajo, como la preferencia de los estudiantes en resolver problemas reales, lo cual contrasta con los problemas presentados en prácticas calificadas tradicionales los cuales no son contextualizados y son poco estructurados.

En las últimas preguntas relacionadas con la carga de trabajo, dos tercios de los estudiantes consideran que hubo muy poco tiempo para trabajar la cantidad de contenidos y para el seguimiento del proceso siendo un tercio de ellos los que percibieron sobrecarga de trabajo en general tal cual como lo representa la Figura 4.

Figura 4
Carga de trabajo



Al respecto de la encuesta aplicada, los docentes involucrados opinan que con un mejor diseño de las preguntas a los estudiantes se podrían cubrir algunos aspectos que brinden mayor alcance sobre la efectividad del modelo aplicado.



CAPÍTULO V – CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES A PARTIR DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se tratará de hacer un balance de la investigación sobre los aspectos detectados durante la evolución del proyecto de innovación que pudiesen tener un valor relevante a los objetivos del mismo. Debido a la amplitud del tema se mostrará las conclusiones de la evidencia de acuerdo a los temas.

5.1.1 Del diseño instruccional aplicado a la innovación

Para resolver el problema complejo, haciendo un análisis en el cual se siguió el orden del desarrollo del Modelo Instruccional 4C/ID de las cuatro componentes de Van Merriënboer y Kirschner (2018) para el aprendizaje complejo, se presenta lo siguiente:

- Componente 1: Tareas de aprendizaje

Es el primer componente del diseño instruccional y se refiere a todas las tareas complejas a diseñar necesarias para resolver problemas complejos y lograr los resultados de aprendizaje esperados.

De acuerdo al componente 1, aplicado al presente trabajo planteado a los estudiantes, ellos tenían que llegar al objetivo sobre dos tareas principales de aprendizaje, una referida a una conducción por una derivación con ramificaciones y otra referida a un sistema de bombeo. Dichas tareas fueron diseñadas y aplicadas.

Al respecto, los problemas complejos fueron alcanzados a los estudiantes al inicio de la innovación, pero no fueron resueltas grupalmente con los JP oportunamente, ya que estos se distrajeron con la contextualización del problema en lo que respecta a las dotaciones y distribución de caudales, lo que generó un retraso en el inicio de la solución del problema complejo. Este inconveniente fue subsanado en las siguientes reuniones asíncronas. En este punto se evidenció una deficiencia en el diseño instruccional al no haber incluido algunas tareas rutinarias, y/o información de soporte, por ejemplo ejercicios relativos a las dotaciones presentes en el componente 2.

El diseño de la evaluación del desempeño (componente 1), se desarrolló para evaluar la contextualización del problema en vez de hacerse para las diferentes tareas y se aplicó al grupo en la tercera semana, cuando el problema complejo ya estuviese contextualizado, cosa que se hizo con la rúbrica diseñada para ello y resultó ser una evaluación importante para el avance de la investigación al permitir que los JP insistieran con los estudiantes en compartir los conocimientos adquiridos y en la asignación de las tareas internas del grupo. Este procedimiento, al no evaluar de manera continua los aprendizajes, no permitió una discriminación adecuada para el desempeño individual dentro del grupo.

La segunda evaluación se aplicó en la sexta semana, al concluir la resolución del problema complejo, en esta evaluación los criterios que obtuvieron menor puntaje en las rúbricas, en ambos grupos de trabajo, aluden a una falta de contenido de refuerzo (componente 2), en algunos aspectos del diseño instruccional (componente 3), como en el diseño de un mayor número de tareas rutinarias (componente 4) en lo que respecta a la presentación de los trabajos. Esta segunda evaluación muestra el mismo problema descrito en la primera evaluación.

Al equipo docente le quedó en claro que hubiese sido muy conveniente aplicar una o dos pruebas de autoevaluación o coevaluación entre pares en paralelo, para poder discriminar el trabajo individual dentro del grupo.

Otra deficiencia relacionada con las evaluaciones se refiere a los saberes previos, (componente 1) ya que, al haberse considerado las tareas de aprendizaje a ser evaluadas cada tres semanas, no se contó con una evaluación de diagnóstico para cada tarea y se tuvieron que implementar retroalimentaciones para cubrir esta deficiencia, con los inconvenientes ya mencionados.

- Componente 2: Información de soporte

Esta información, que es la segunda del diseño instruccional, funciona en paralelo con las tareas de aprendizaje ya que repercuten en las estrategias cognitivas y de los modelos mentales que se deben suministrar a los estudiantes, los cuales funcionan como un puente entre lo que saben y lo que necesitan saber. La información de

soporte diseñada alcanzó para la solución de las dos tareas principales, pero se tuvo que implementar para las de refuerzo que fueron añadidas. Al faltar el diseño instruccional de algunas tareas de aprendizaje, faltaron también las de información de soporte.

- Componente 3: Información procedimental

Constituye el tercer componente del diseño instruccional, que no fue proporcionado a los estudiantes en forma de programa o guía, sino que se fue desarrollando con los estudiantes conforme se iban resolviendo las tareas de aprendizaje proporcionadas en la información de soporte. Esta decisión se adoptó al asumir que las soluciones planteadas por los alumnos iban a ser diferentes; razón por la cual se decidió proporcionarles de manera paulatina a cada grupo, conforme se planteaba la solución del problema complejo. El no haber diseñado la información procedimental por escrito no permitió analizar el conocimiento prerequisite ni las reglas cognitivas asociadas a ellos.

- Componente 4: Práctica de partes de las tareas

Es el cuarto componente del diseño instruccional, el cual se fue aplicando conforme se fue resolviendo el problema complejo, al inicio de la innovación en las tres semanas de contextualización junto con las tareas añadidas, relacionadas con las dotaciones; y en la parte final, en las tres semanas de resolución del problema complejo. Sobre el cual también se evidenció falta de información de soporte (componente 2). Para cubrir dicha deficiencia se preparó para los estudiantes modelos de memorias descriptivas y ejemplos de planos de perfiles longitudinales, los que se explicaron en las reuniones asíncronas, con los que la mayoría de los estudiantes pudieron completar la solución reflejada a través de mejores presentaciones.

A modo de balance de lo descrito, se puede resumir que bajo el modelo instruccional de los cuatro componentes faltó diseñar tareas de aprendizaje previas a modo de ejemplo (componente 1) referidas a las dotaciones de agua, captaciones y a las presentaciones de los resultados finales, con sus respectivas informaciones de soporte (componente 2), y a nivel procedimental (componente 3). Sin embargo, el componente 4 se pudo cubrir

con los ajustes efectuados. En cuanto a las evaluaciones del desempeño (componente 1), faltaron autoevaluaciones y/o coevaluaciones que permitieran a los estudiantes juzgar sus logros respecto de la tarea encomendada y cómo mejorar su aprendizaje.

La falta de profundización en los respectivos componentes ocasionó que se dedicara más tiempo y esfuerzo en encaminar a los grupos para resolver el problema complejo planteado, lo cual no fue muy eficiente (en tiempo y costo) sobre el planteamiento del proyecto de innovación desde el punto de vista del diseño instruccional aplicado.

No obstante, lo explicado anteriormente, el desarrollo de la competencia de resolución de un problema complejo a través del diseño instruccional ha llevado a los estudiantes a cubrir los logros esperados.

5.1.2 En relación con el trabajo colaborativo

Entendiéndose el trabajo colaborativo como un modelo de aprendizaje interactivo, que demanda conjugar esfuerzos, talentos y competencias e invita a los estudiantes a construir juntos (Maldonado, 2007), mediante una serie de transacciones que les permitan a los estudiantes lograr las metas establecidas por consenso, se puede concluir que la resolución de los problemas complejos resueltos por los estudiantes del curso de mecánica de fluidos en la presente innovación ha sido satisfactoria. Sin embargo, durante el desarrollo del trabajo colaborativo en las seis semanas, se observaron situaciones que ameritan explicación y futuros ajustes para un mejor desarrollo del aprendizaje.

Respecto de la motivación para asumir el trabajo grupal y la organización del mismo, los grupos A, B, C y D (abastecimiento de agua a dos edificios) iniciaron con mucho entusiasmo, el cual fue decayendo en la segunda y tercera semana, para luego empezar a crecer nuevamente hacia la cuarta y quinta semana de aplicación de la innovación. La motivación en los grupos mencionados llegó a un máximo en la presentación del trabajo final. Las razones de dicha variación a criterio del equipo docente fueron:

- Los grupos de trabajo demoraron en organizarse para el trabajo colaborativo y no entendieron bien la mecánica del mismo en lo relativo al liderazgo.
- Las soluciones ensayadas inicialmente por los grupos no fueron consensuadas por falta de retroalimentación interna en cada grupo y las retroalimentaciones proporcionadas por los docentes sólo eran entendidas por los que trataron los temas de forma personalizada y no de manera colectiva.
- La intervención del JP en la organización de los grupos y en la distribución del trabajo, devolvió el orden para la segunda etapa de la innovación y restituyó el entusiasmo para la obtención de los logros esperados.

Los grupos de estudiantes que formaron los grupos 1, 2, 3 y 4 (abastecimiento de agua a un campamento minero), también comenzaron con mucha motivación y se observó la misma oscilación que en los otros grupos. Adicionalmente desde el inicio de la innovación hubo un desbalance entre lo avanzado por los grupos 1, 2 y 3 respecto del grupo 4 (que desde el inicio se constituyó con tres estudiantes). Estos grupos confirmaron las razones aludidas en los grupos A, B, C y D, notándose adicionalmente lo siguiente:

- Los estudiantes que asistían a las reuniones asíncronas, en las que los trabajos eran coordinados, guiados y retroalimentados por su JP, eran en promedio la mitad de los que conformaban los grupos y como las presentaciones de avance eran semanales no les daba el tiempo para socializar los conocimientos y tomar acuerdos consensuados.
- La mayor dedicación del JP en las reuniones asíncronas de la segunda etapa de la innovación, reforzaron la organización de los grupos, la retroalimentación, el entusiasmo y la consecución de los logros esperados.

En la segunda etapa de la innovación, estando ya planteada la hipótesis de solución del problema complejo, el trabajo colaborativo mejoró sustancialmente en los dos aspectos críticos detectados en la primera parte; en primer lugar por el hecho de estar las tareas sectorizadas, por ejemplo: memorias de cálculo, materiales y especificaciones técnicas, planos de planta y perfiles, plano de detalles, lo que obligaba a los estudiantes a consolidar lo hecho por sus compañeros a lo largo del trabajo colaborativo, de manera que el estudiante del grupo que tenía que presentar las memorias de cálculo, debía

recolectar los trabajos de los que habían calculado las dotaciones, los que habían determinado los caudales y diámetros, los que habían trabajado el cálculo de las pérdidas y determinado las presiones de servicio, así como el que debía desarrollar los planos a nivel de presentación al que debía listar las especificaciones, etc. Esta consolidación de los trabajos constituye de por sí una suerte de socialización de los conocimientos la cual junto con las retroalimentaciones más frecuentes de los JP, lograron a nuestro criterio un trabajo colaborativo exitoso para la innovación.

Se podría mencionar como apoyo a esta opinión el hecho de que entre doce a catorce de los quince estudiantes encuestados opinaron muy favorablemente respecto de las preguntas referidas al desarrollo del trabajo colaborativo (ver preguntas 1 a 11 de la encuesta), sin embargo debemos tener en claro que esta encuesta ha sido respondida sólo por quince de los veintiocho estudiantes que terminaron el trabajo y que la encuesta fue aplicada dos o tres semanas después de terminada la investigación, cuando la cercanía de la consulta está influenciada por la segunda parte de la innovación que fue apoyada con mayor intensidad por los docentes.

Nuevamente, detectadas las deficiencias en la aplicación del trabajo colaborativo y enmendadas con la intensificación del apoyo tutorial, se puede concluir que su inclusión ha sido positiva en el aprendizaje activo de los estudiantes.

5.1.3 Evaluación de la ejecución de los problemas complejos

Hemos definido los problemas complejos como aquellos que no están contextualizados y no muy bien estructurados porque así son generalmente como se presentan los problemas de ingeniería en la vida profesional (Wedelin, et al., 2015) siendo esos criterios y la experiencia de veinte años de enseñanza del curso por parte del investigador que se procedió al diseño de los problemas complejos a ser resueltos por los estudiantes.

La investigación-acción aplicada y la recopilación de información tomada durante el avance del proceso ha mostrado algunas de las siguientes conclusiones:

- Los inconvenientes detectados en el manejo de la investigación con dos problemas, hace pensar que es mejor plantear un solo problema complejo y hacer las variaciones necesarias para los diferentes grupos que se puedan formar. En el caso del presente estudio hubo un error de apreciación en la evaluación de los conocimientos previos de los estudiantes lo cual hizo que uno de los grupos de trabajo quede atrapado en un problema de captación que les complicó el arranque de su trabajo colaborativo como se ha mencionado al tratar ese tema.
- Se debe de evitar la programación de presentaciones semanales de los avances de los estudiantes ya que les resta tiempo para investigar, compartir los conocimientos y consensuarlos. Es mejor en las reuniones asíncronas dedicar tiempo a la justificación de los criterios adoptados para hacer más fluidos los avances que preparar las presentaciones.
- Se debe de programar el monitoreo de los avances y de las retroalimentaciones, de tal manera que ambas acciones sean oportunas.
- Hay que preparar la mayor cantidad de tareas de aprendizaje, cada una con la información de soporte y procedimental necesaria y de ejemplos de ciertas aplicaciones, ya que las preparadas para la presente innovación han omitido graduar problemas y requerido presentar planos y memorias como ejemplos para guiar el trabajo de los estudiantes.

5.1.4 Evaluación para el aprendizaje, seguimiento y retroalimentación

La información proporcionada a los estudiantes en el planteamiento del problema complejo a ser resuelto los obligó a ir más allá de la información que pudieron tener aprendida, pues debían elaborar y organizar contenidos descubriendo y construyendo significados para encontrar sentido en su aplicación. Esta mayor implicación cognitiva permite una mayor retención en el estudiante que las estrategias de recirculación que suelen ser fácilmente olvidadas (Diaz Barriga, et al. 2002). Al respecto, las elaboraciones y organización de contenidos para construir las soluciones al problema complejo desarrolladas por los grupos de trabajo colaborativo muestran un aprendizaje significativo de los estudiantes en el curso.

De igual manera, si se considera que la “metacognición es el conocimiento sobre nuestros procesos y productos del conocimiento” (Flauvel, 1993, citado por Diaz Barriga, 2002) y los estudiantes lo corroboran (en las encuestas se destaca un 100% de opinión favorable al incremento de aprendizaje aplicado, y un 80% de estudiantes que opina favorablemente sobre aspectos de conocimientos adquiridos, sobre la solución obtenida contra las necesidades originales, sobre el aprendizaje de temas relevantes), se infiere que los estudiantes consideran que la conciencia de sus conocimientos ha mejorado en forma apreciable siendo ello para la innovación un indicador de aprendizaje significativo.

Por otra parte, si se considera que, “la planificación y aplicación del conocimiento en un ámbito de actividades cognitivas complejas se le puede agrupar en el concepto de autorregulación” (Elosúa y García, 1993, citado por Diaz Barriga, 2002), la evaluación en la rúbrica 2 y también sobre las encuestas brindan indicadores de autorregulación de la cognición, componente importante del aprendizaje significativo.

Lamentablemente, todo lo mencionado con relación al aprendizaje significativo no ha funcionado muy bien para el trabajo individual ya que las actividades de supervisión y monitoreo durante la ejecución de los trabajos se concentraron en los trabajos grupales siendo este punto confirmado en las evaluaciones con las rúbricas. En el trabajo global la individualización en la supervisión y monitoreo no se estructuró adecuadamente y fue solamente a través de la observación y registro en el diario docente que se pudo hacer discriminaciones del trabajo individual dentro del trabajo grupal.

En lo relativo a la retroalimentación, si bien fue intensa y se dio durante las 23 reuniones de trabajo grupal consistiendo en solución grupal de tareas rutinarias de aprendizaje, acompañamiento con revisión de vídeos, recomendaciones de bibliografía a ser revisada y luego discutida; fue complementada con una intervención directa de los JP en la organización y distribución de trabajos en los grupos. Sin embargo, tuvo el problema del momento en que las tareas rutinarias que al no estar calendarizadas fueron aplicadas en diferentes momentos por los JP los cuales causaron algunos inconvenientes en los trabajos grupales tales como retrasos, falta de motivación, inasistencias a las reuniones, cosa que complicó el trabajo de los grupos y requirió de un reordenamiento y mayor número de reuniones que las originalmente programadas.

5.1.5 Reflexiones sobre el rol docente y la figura del jefe de práctica

En lo que respecta a la generación de las herramientas para la innovación, el investigador realizó las indagaciones preliminares, diseñó y desarrolló los dos problemas complejos a ser presentados a los estudiantes, diseñó y desarrolló las rúbricas para las evaluaciones teniendo en cuenta la relación entre los criterios de medición y el nivel de los logros percibidos para cada criterio a ser aplicadas a la tercera y sexta semana de innovación, diseñó una guía para que los JP registren ocurrencias relevantes y la percepción de actitudes y opiniones de los estudiantes detectadas en las sesiones síncronas y asíncronas y presentó a los estudiantes las tareas de aprendizaje rutinarias que debían resolver durante los trabajos colaborativos vía separatas. Adicionalmente, antes del inicio de la innovación se hizo una presentación a los estudiantes matriculados en el curso en el semestre 2021-2, de lo que sería la innovación para que se pudieran inscribir a la práctica los interesados en participar.

Otra tarea previa a la realización de la innovación consistió en la coordinación y preparación de los JP de lo que sería su actuación durante la aplicación de la innovación. En el entrenamiento a los JP se definió lo que se esperaba fuese la resolución de un problema complejo, lo que se entendía como trabajo colaborativo y cuáles eran las características del mismo que debían priorizarse durante la aplicación de la innovación. Adicionalmente se revisó la guía para el registro de ocurrencias y percepciones dado que los JP no tenían mayor experiencia en trabajos colaborativos ni en diarios docentes. Debe también mencionarse que, durante la etapa de elaboración de las herramientas, los JP aportaron sugerencias que fueron debidamente atendidas.

Durante la aplicación de la innovación, es importante que el docente investigador sea uno de los docentes que está dictando el curso para que pueda tener coordinación directa entre las clases teóricas y las sesiones prácticas. Felizmente el rol de los JP fue extraordinario en más de un sentido, pudiendo mencionarse su participación como asistentes de docencia en el semestre que se aplicó la innovación, el número de horas dedicadas a la guía de los estudiantes y el número de horas de coordinación y análisis con el investigador, de las ocurrencias durante el desarrollo de las reuniones de trabajo colaborativo de manera exhaustiva. Se hace mención por ello a la dedicación de los JP

las cuales fueron en horas, cuatro veces mayor a lo estipulado en sus contratos y en calidad ampliamente superior a lo esperado.

En las reuniones de coordinación durante el desarrollo de la innovación, participaron el docente investigador y los JP. Dichas reuniones consistían en tomar cuenta lo efectuado por los grupos y planificar lo que se debía hacer en la próxima reunión, con los ajustes que hubieran de ser necesarios. El trabajo fue arduo considerando que fueron ocho grupos de estudiantes a los que había que hacer seguimiento semana a semana y cada grupo con una solución singular.

De lo expresado, se desprende que el principal rol del docente es el investigar y ahondar en la experiencia de aprendizaje del estudiante y hacer lo posible para poder ofrecer a futuro un mejor contenido educativo que les permita mejorar ese aprendizaje.

5.2 LA INNOVACIÓN Y LA MEJORA DE LA PRÁCTICA

Del análisis del trabajo colaborativo aplicado a la innovación se concluye que si bien se ha contribuido a propiciar el desarrollo de la competencia de resolución de problemas complejos, su aplicación no ha funcionado de la misma manera en todos los grupos, y se ha detectado algunos aspectos que hay que mejorar. Siendo mencionado que casi todos los grupos tuvieron en la primera etapa dificultades con la distribución de tareas y esto se puede atribuir a la falta de un liderazgo horizontal. Otra de las deficiencias anotadas se refiere a la falta de socialización oportuna de los conocimientos al interior del grupo, cosa que mejoró en la segunda parte de la innovación. Para evitar estos desajustes es importante insistir en un monitoreo más incisivo y frecuente en estos aspectos desde el inicio de la innovación.

En cuanto a la aplicación del diseño instruccional, en la innovación hemos encontrado algunos inconvenientes derivados de no haber aplicado las cuatro componentes del método de Merriënboer tal como su método las propugna, debiendo hacer notar que faltaron tareas de aprendizaje, información de soporte y procedimental, diseñadas y programados en la práctica de las partes de la tarea y se debió ampliar la información procedimental en las tareas que fueron diseñadas. Esta deficiencia fue solventada en la

práctica por los JP con ejercicios diferentes improvisados por el investigador para los diferentes grupos, para lo cual se necesitaron muchas horas adicionales de tutoría. La manera de evitar estos inconvenientes es aplicando los pasos que el método establece en sus cuatro componentes y tener el “apoyo y guía que suministran el ‘andamiaje’ que llevará a los estudiantes a resolver las últimas tareas prácticamente sin ningún tipo de apoyo”(Renki y Atkinson,2003).

En cuanto a la autorregulación, la cual es entendida como el grado en que los estudiantes son partícipes activos de su propio proceso de aprendizaje, en términos motivacionales, cognitivos y de comportamiento (Zimmerman, 1989), en los diarios docentes se han monitoreado adecuadamente los aspectos grupales de estos componentes más no los individuales. Por otro lado, en opinión de algunos autores, regular las tareas de aprendizaje mejora la autorregulación y la obtención de logros (Moreno-Caro et al.,2021).

En la innovación de la cual trata el presente trabajo de investigación, ha sido detectado el nivel de oscilación en la motivación del grupo, siendo ésta elevada al principio y al final de la aplicación; pero muy baja en la parte intermedia, en cambio en términos cognitivos y de logros se han obtenido resultados crecientes según se evidencia en las evaluaciones con las rúbricas. En consecuencia, con la introducción de autoevaluaciones, coevaluaciones y un mejor diseño de las tareas de aprendizaje se espera una motivación creciente y una mejora en la obtención de logros, es decir, una mejor autorregulación.

Con relación al grado de socialización de los conocimientos adquiridos, es decir a la retroalimentación interna de los grupos de trabajo que permita tomar consenso en las decisiones del grupo, se estima que estableciéndose un sistema de monitoreo individual de lo investigado entre sesiones y lo compartido por el grupo, se puede ayudar a la toma de conciencia de la responsabilidad individual.

5.3 RECOMENDACIONES

La reflexión sobre lo aprendido durante el desarrollo de la innovación es bastante amplia y lo recomendado para ajustar el diseño instruccional se resume en:

- a. Se recomienda hacer ajustes importantes en la metodología que ayude a potenciar los resultados apreciados en el desarrollo de las competencias involucradas.

En cuanto al modelo instruccional:

- Completar y secuenciar las tareas de aprendizaje.
- Diseñar las guías de procedimiento de las mismas.
- Incluir evaluaciones del desempeño que permitan evidenciar y medir, por tareas, y por logros especificados.
- Hacer el análisis del conocimiento prerequisite de cada tarea programada.

En cuanto al trabajo colaborativo:

- Establecer pautas para el trabajo colaborativo que orienten el trabajo al interior del grupo y en las presentaciones al exterior.
- Insistir en trabajar en grupos con un liderazgo horizontal.
- Incluir actividades a realizar en reuniones síncronas, que refuercen la responsabilidad de asignar y cumplir roles en el trabajo colaborativo.
- Establecer pautas para evidenciar y medir el trabajo individual bajo premisas pedagógicas (autoevaluaciones y coevaluaciones).

En lo que respecta al rol docente se propone:

- Propiciar la formación de los docentes que intervengan en aplicaciones como las ensayadas en la presente innovación. Considerar los siguientes aspectos: que interioricen las características del diseño instruccional y sobre el desarrollo de los trabajos grupales.
- Insistir con un trabajo colegiado para la preparación de las tareas y herramientas preparadas para las aplicaciones, incluyendo la revisión de los saberes previos,

los criterios adoptados en las rúbricas, mejorando las preguntas de las encuestas a estudiantes

En general para los cursos intermedios de la carrera de ingeniería, del sexto o séptimo ciclo, que tengan un sistema de prácticas calificadas como es el caso del curso de Mecánica de fluidos, se recomienda;

- Diseñar y aplicar una metodología como la ensayada en la presente innovación, con las recomendaciones recogidas en el presente trabajo ya que se adecúa muy bien a la enseñanza de los cursos cuyos sílabos apunten a cubrir la competencia C1.
- En cursos de ingeniería con muchos estudiantes y varios docentes a cargo, donde se replique este método, la presencia de jefes de práctica es indispensable. En cursos de especialización, con menor número de estudiantes y aula única, la aplicación la puede hacer el docente directamente.

A los miembros de la comunidad educativa que tengan interés en desarrollar un sistema de enseñanza aprendizaje basado en competencias que se pueda proyectar como un sistema de aprendizaje autónomo para el futuro, recomendaría:

- A los docentes: propiciar un diseño instruccional como el ensayado en la presente innovación, de preferencia a ser desarrollado colegiadamente por varios docentes.
- Al área de estudios al que pertenece la materia: le pediría liderar y propugnar metodologías como las descritas.
- A la universidad como institución: que visualice el potencial de desarrollo a futuro y apoye a las áreas interesadas en la formación de los docentes para poder llevar a cabo metodologías modernas de aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANECA (2013). *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados de aprendizaje*. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. <http://www.aneca.es/Documentos-y-publicaciones/Otras-guias-y-documentos-de-evaluacion/Guia-de-apoyo-para-la-redaccion-puesta-en-practica-y-evaluacion-de-los-RESULTADOS-DEL-APRENDIZAJE>
- Biggs, J., Tang, C. (2011) *Teaching for Quality Learning at University What the Student Does*. UK: Mc Graw Hill.
- Blondet, M., Huapaya, C, y Velásquez, J. (2018). Propuesta metodológica para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de los principios fundamentales de la mecánica de materiales para estudiantes de Ingeniería en *Cuadernos de innovación en la docencia universitaria 2018*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Dirección Académica del Profesorado. <http://files.pucp.edu.pe/profesor/2018/06/27153033/Cuadernos-de-Innovacion-en-la-Docencia-Universitaria-2018.pdf>
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives*. Handbook I: The Cognitive Domain. New York: David McKay Co Inc.
- Buie, M. (2017) *Problem Solving for New Engineers*. New York: Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781315276465>
- Cabrera, F. (2017). Uso de las TIC, ideas de Gardner y Montessori para formar ingenieros autorreflexivos. En *Cuadernos de innovación en la docencia universitaria*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Dirección Académica del Profesorado. <http://files.pucp.edu.pe/profesor/2017/06/14224319/cuadernos-innovacion-docencia-universitaria.pdf>
- Carrasco, S. y De Corral, I. (coords.) (2018). *Docencia universitaria e innovación: Evolución y retos a través de los CIDUI*. X Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación (CIDUI). Ediciones Octaedro, S.L., Secretaría Técnica CIDUI- Associació Catalana d'Universitats Públiques. <https://www.cidui.org/wp-content/uploads/2018/07/ePDF-DocenciaUniversitariaEInnovacion.pdf>

- Cotán Fernández, A., García-Lázaro, I., y Gallardo-López, J. (2021). Trabajo colaborativo en línea como estrategia de aprendizaje en entornos virtuales: una investigación con estudiantes universitarios de Educación Infantil y Educación Primaria. *Educación*, 30(58), 147-168.
<https://doi.org/10.18800/educacion.202101.007>
- Del Mastro, C. (2015). Innovar las prácticas docentes de la universidad. *En Blanco y Negro*, 6(2), 1-15.
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/enblancoynegro/article/view/14650>
- Díaz-Barriga A. Frida, Gerardo Hernández Rojas (2002). Estrategias para el aprendizaje significativo: Fundamentos, adquisición y modelos de intervención. En *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. México: McGraw-Hill, pp.231-249.
http://investigacion.ilce.edu.mx/panel_control/doc/D%C3%ADaz-Barriga.pdf
- Díaz-Barriga, F., Hernández. (2007). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo una interpretación constructivista*. Segunda edición. México: Mc Graw Hill. <https://buo.mx/assets/diaz-barriga%2C---estrategias-docentes-para-un-aprendizaje-significativo.pdf>
- Dick, W., and Carey, L. (2005). *The Systematic Design of Instruction*. Sixth edition. Boston: Allyn & Bacon.
- Duderstadt, J. J. (2008). *Engineering for a changing world: A roadmap to the future of engineering practice, research, and education*. The Millenium Project. Ann Arbor, MI: The University of Michigan. <https://dx.doi.org/10.7302/1599>
- El Comercio (2020) Rector de la PUCP: “Alrededor de 28 mil alumnos recibirán clases virtuales”.
<https://elcomercio.pe/lima/sucesos/coronavirus-en-peru-rector-de-la-pucp-alrededor-de-28-mil-alumnos-recibiran-clases-virtuales-noticia/>
- Flavell, S. (1993). *El desarrollo cognitivo*. Volumen LXXXVII de la Colección Aprendizaje. Madrid: Visor.

- Finger, S., Gelman, D., Fay, A. & Szczerban, M (2007). *Supporting Collaborative Learning in Engineering Design*. The 9th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design Proceedings. Coventry, Reino Unido: IEEE. DOI: 10.1109/CSCWD.2005.194322
- Frerejean, J., van Strien, J. L., Kirschner, P. A., & Brand-Gruwel, S. (2016). Completion strategy or emphasis manipulation? Task support for teaching information problem solving. *Computers in Human Behavior*, 62, 90-104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.048>
- Gol, O., Nefalsky, A (2007). Collaborative Learning in Engineering Education. *Global J. of Engng. Educ.*, Vol.11, No.2. UICEE Published in Australia. <http://www.wiete.com.au/journals/GJEE/Publish/Vol.11,No.2/GolNafalski.pdf>
- González, C y Cruzat, M. (2019) Innovación educativa: La experiencia de las carreras pedagógicas en la Universidad de los Lagos, Chile. *Educación*, 28(55), 103-122. <http://dx.doi.org/10.18800/educacion.201902.005>
- Gros, B y Lara P. (2009). Estrategias de innovación en la educación superior: el caso de la Universitat Oberta de Catalunya. *Revista Iberoamericana de Educación* 49, 223-245. <https://rieoei.org/historico/documentos/rie49a09.pdf>
- Gutiérrez, B y Arias, J. (2015). La investigación formativa: un punto de partida para el encuentro entre las disciplinas. *Revista Reflexiones y Saberes*, 2 (2), 70-82. <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaRyS/article/view/603/1139>
- Gutiérrez, R. y Cabrera, J. (2017). Aplicación combinada de métodos hidráulicos computacionales y aula invertida para la instrumentación virtual del curso laboratorio de mecánica de fluidos. En *Cuadernos de innovación en la docencia universitaria*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Dirección Académica del Profesorado. <http://files.pucp.edu.pe/profesor/2017/06/14224319/cuadernos-innovacion-docencia-universitaria.pdf>

- Heller, P., Keith, R., y Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60 (7), 627–636. <https://doi.org/10.1119/1.17117>
- Hernández Pina, F., Martínez, P., Da Fonseca, P. y Rubio, M. (2005): Aprendizaje, competencias y rendimiento en Educación Superior. *Bordón. Revista De Pedagogía*, 58(2), 269-271. <https://recyt.fecyt.es/index.php/BORDON/article/view/39619>
- ICACIT (2018). *Criterios de acreditación Programas de Ingeniería: Ciclo de Acreditación 2019*. https://www.icacit.org.pe/web/archivos/2019_ICACIT_CAI_Criterios.pdf
- Jerez Yañez, O., Silva, C., Hasbún Held, B., Ceballos, E. y Rojas, M. (2017). *Innovando en la educación superior: experiencias clave en Latinoamérica y el Caribe 2016-2017. Volumen 1: gestión curricular y desarrollo de docencia*. <https://doi.org/10.34720/fsrp-ze78>
- Kalonji, G. (2005). Capturing the imagination: High-priority reforms for engineering educators. In *Educating the engineer of 2020: Adapting engineering education to the new century*. National Academy of Engineering. National Academies Press.
- Kemmis, S. (1988). Action Research. In *Educational Research, Methodology and Measurement: An International Handbook*. Australia: Flinders University of South Australia.
- Krick, E.V. (1980). *Ingeniería de Métodos*. México: Limusa.
- Maldonado, M. (2007) El trabajo colaborativo en el aula. *Lauris: Revista de Educación* 13(23), 268-269. <http://dx.doi.org/10.1080/63043797.2014.987648>
- Mayer, R. E. (1999). Designing instruction for constructivist learning. In: *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, pp. 141-159. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

- Monereo, C. y Badia, A. (2013). Aprendizaje estratégico y tecnologías de la información y la comunicación: una revisión crítica. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 14(2), 15-41
<https://www.redalyc.org/pdf/2010/201028055002.pdf>
- Moreno-Caro, J., López-Vargas, O. y Sanabria-Rodríguez, L. (2021). Regulación interpersonal en el trabajo colaborativo: efectos en la comprensión lectora y la autorregulación de estudiantes con diferentes estilos cognitivos. *Folios* (54).
<https://doi.org/10.17227/folios.54-1140>
- Moreno, M. (2000). Formación de docentes para la innovación educativa. *Revista Electrónica Sinéctica*, 17, jul-dic. <https://www.redalyc.org/pdf/998/99817933004.pdf>
- Morrison, Gary R. (2010). *Designing Effective Instruction*. Sixth Edition. New York: John Wiley & Sons.
- Moscoso R., Vera Gutiérrez, C y Guerra, R. (2017). Aplicación del “peer instruction” a la física universitaria propuesta para impulsar el trabajo en equipo en el aula. En *Cuadernos de innovación en la docencia universitaria*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Dirección Académica del Profesorado.
<http://files.pucp.edu.pe/profesor/2017/06/14224319/cuadernos-innovacion-docencia-universitaria.pdf>
- Mourtos, N.J., Okamoto, N.D., and Rhee, J. (2004). Defining, teaching, and assessing problem solving skills. In *7th UICEE Annual Conference on Engineering Education*, Mumbai 9–13 February, UICEE.
<https://pdp.sjsu.edu/people/nikos.mourtos/docs/UICEE%2004%20Mumbai.pdf>
- Ortega, C.; Garces, A. y Ruiz, A. (2017) Acreditación CONAIC y ABET en Instituciones de Educación Superior IES. *Tecnología Educativa Revista CONAIC*, IV(3).
https://conaic.net/revista/publicaciones/Vol_IV_Num3_2017/Articulo1.pdf

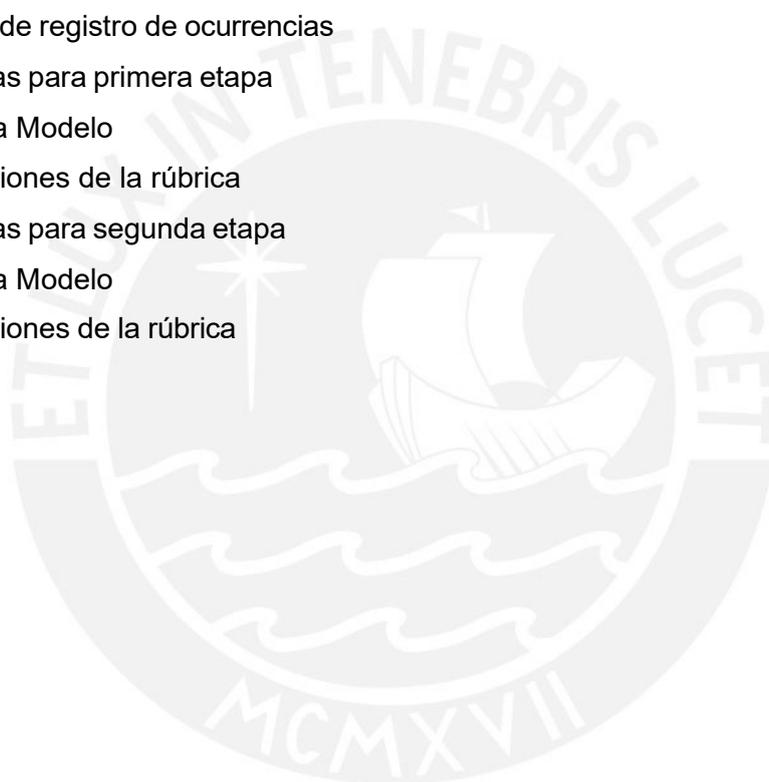
- Perrenet, J.C., Bouhuijs, P.A.J. and Smits, J.G.M.M. (2000). The suitability of problem-based learning for engineering education: theory and practice. *Teaching in Higher Education*, 5 (3), 345–358. <https://doi.org/10.1080/713699144>
- Pirela O, J., Pulido, N y Mancipe, E. (2015). Componentes y dimensiones de la investigación formativa en ciencias de la información. *Enl@ce: revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 12(3), p. 48-70. <https://www.redalyc.org/pdf/823/82343214004.pdf>
- PUCP (2021). *Modelo Educativo PUCP*. Vicerrectorado Académico. Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://www.pucp.edu.pe/documento/modelo-educativo-pucp/>
- PUCP (2019). *Guía 1: Modelo curricular PUCP: Guía de actualización curricular*. Lima: Dirección de Asuntos Académicos. Pontificia Universidad Católica del Perú. http://cdn02.pucp.education/academico/2019/05/21202307/daa_guia_act_mod_curricular_210619.pdf
- PUCP (2016a) *Ingeniería Civil: Competencias del egresado*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ingeniería Civil. <https://facultad.pucp.edu.pe/ingenieria/carreras/ingenieria-civil/perfil-de-egreso/>
- PUCP (2016b). *Sobre la carrera de ingeniería civil*. Lima: Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú <https://facultad.pucp.edu.pe/ingenieria/carreras/ingenieria-civil/sobre-la-carrera/>
- PUCP (2016c) *Ingeniería Mecánica: Perfil del egresado*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ingeniería Mecánica. <https://facultad.pucp.edu.pe/ingenieria/carreras/ingenieria-mecanica/perfil-del-egresado/>
- PuntoEdu (25 de noviembre de 2015). *Ganadores del premio a la innovación docente*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://puntoedu.pucp.edu.pe/noticia/ganadores-del-premio-a-la-innovacion-docente/>

- Ramírez, F. (2015). Una introducción al análisis en la investigación. *Manual del Investigador*. [Blog Internet]. <http://manualdelinvestigador.blogspot.com/2015/05/una-introduccion-al-analisis-en-la.html>
- Ranade, S.M. y Corrales, A. (2013). Teaching problem solving don't forget the problem solver(s). *European Journal of Engineering Education*, 38(2), 131–140, <http://dx.doi.org/10.1080/03043797.2012.752436>
- Ravela, P., Picaroni, B., Loureiro, G. (2017) *¿Cómo mejorar la evaluación en el aula? Reflexiones y propuestas de trabajo para docentes*. México: Secretaria de Educación pública. <https://bibliospd.files.wordpress.com/2019/01/como-mejorar-la-evaluacion-en-el-aula.pdf>
- Renki, A. y Atkinson, R.K. (2003). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective. *Educational Psychologist* 8(38), 15-22. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_3
- Rodríguez, R. y Espinoza, L. (2017). Trabajo colaborativo y estrategias de aprendizaje en entornos virtuales en jóvenes universitarios. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 7(14). <http://dx.doi.org/10.23913/ride.v7i14.274>
- Stobart, G. (2010) *Tiempos de prueba. Usos y abusos de la evaluación educativa*. Segunda edición. Madrid: Morata. <https://edmorata.es/libros/tempos-de-pruebas-los-usos-y-abusos-de-la-evaluacion/>
- Strauss, A. y Corbin, J. (2002). Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la Teoría Fundamentada. Editorial Universidad de Antioquia. Facultad de Enfermería de la Universidad de Antioquia. <https://diversidadlocal.files.wordpress.com/2012/09/bases-investigacion-cualitativa.pdf>
- Stump, G., Hilpert, J., Husman, J., Wen-Ting, C. and Kim, W. (2013) Collaborative Learning in Engineering Students: Gender and Achievement. *Journal of Engineering Education* 100(3), 475–497. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00023.x>

- Valentine, A., Belsky, L and Hamilton, M. (2017). Developing creativity and problem-solving skills of engineering students: a comparison of web- and pen-and-paper-based approaches. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 1309-1329. DOI: [10.1080/03043797.2017.1291584](https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1291584)
- Van Merriënboer, J. J. G (2019). *El Modelo de los Cuatro Componentes de Diseño Instruccional*. Países Bajos: Universidad de Maastricht.
- Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2018). *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design*. Third edition. New York: Routledge.
- Wedelin, D, Adawi, T., Tabassum, J. and Andersson, S. (2015) Education Investigating and developing engineering students' mathematical modelling and problem-solving skills. *European Journal of Engineering Education*, 40(5), 557-572.
<http://dx.doi.org/10.1080/03043797.2014.987648>
- Weimer, M., (2002). *Learner-Centered teaching*. Jossy-Bass Inc. New York
- Zabalza, M. (2013). Innovación en la enseñanza universitaria. *Contextos educativos. Revista de Educación*, 113-136. <https://doi.org/10.18172/con.531>
- Zimmerman, B. (1989). Social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 329-339.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.81.3.329>
- Zona-López, J. R. y Giraldo-Márquez, J.D. (2017). Resolución de problemas: escenario del pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 13 (2),122-150. ISSN: 1900-9895.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134154501008>

ANEXOS

- A. Cronología de la investigación
- B. Problemas a ser resueltos por los alumnos
 - Caso 1, texto del problema y plano
 - Caso 2, texto del problema y plano
- C. Instrumento del cuestionario
- D. Fichas de registro de ocurrencias
- E. Rúbricas para primera etapa
 - Plantilla Modelo
 - Aplicaciones de la rúbrica
- F. Rúbricas para segunda etapa
 - Plantilla Modelo
 - Aplicaciones de la rúbrica



ANEXO A - Cronología de la investigación

Tabla A1

Programación de la práctica-resolución de problema complejo

Primera parte: Planteamiento de la hipótesis de solución (contextualización del problema)					
SEMANA	ACTIVIDAD PROGRAMADA	TIEMPO	ACT. DOCENTES	ACT. ALUMNOS	HERRAMIENTAS
1 Reunión síncrona 6 a 8 pm Sábado 23 de octubre	Presentación de la innovación: el investigador presenta y muestra características del trabajo colaborativo y de la resolución de problemas	20 min.	Investigador (Presenta)	Participa	PPT
	Formación de grupos de trabajo: coordina en aula, trata que sean heterogéneos	30 min.	Investigador (Participa)	Participa	
	Organización del trabajo grupal: presenta a los jefes de práctica, alude a la autonomía de cada grupo	10 min.	Investigador (Presenta)	Participa	
	Presentación del problema: Hace alusión a los problemas 1 y 2, en Paideia. Muestra y hace preguntas	10 min	Investigador (Presenta)	Participa	Impreso (Paideia)
	Hipótesis/Información: cada jefe de práctica revisa los datos y responde preguntas. El salón se divide en 2 aulas: JP1 Y JP2	20 min.	JP1/JP2(Guía, facilita)	Preguntas	Impreso (Paideia)
	Tarea asíncrona: Los JP explican la tarea para la sesión 2. Coordinan fecha asíncrona. Coordina presentación para segunda sesión.	10 min.	JP1/JP2(Guía, facilita)	Preguntas	
	Llenar ficha ref. (JPs): los JP llenan las fichas de observación	20 min.	JP1/JP2(Actúa)		Ficha
2	Presentación de 1a Hipótesis: se trabaja en dos aulas JP1 y JP2. Cada grupo presenta la hipótesis desarrollada. Puede ser ppt u otra presentación. 15 minutos	60 min.	JP1/JP2(Guía, facilita)	Presenta	PPT/Otro

Reunión síncrona 6 a 8 pm Miércoles 27 de octubre	cada grupo. El JP toma notas para su ficha.				
	Retroalimentación/acciones convenidas: Cada JP recopila las observaciones y propone los ajustes	30 min.	JP1/JP2(Guía, facilita)	Participa	
	Tarea asíncrona: Los JP explican la tarea para la sesión 3. Coordinan fecha asíncrona. Coordina presentación para tercera sesión	10 min.	JP1/JP2(Guía, facilita)	Preguntas	JPs (Recomiendan)
	Llenar ficha de observación. (JPs): los JP llenan las fichas de observación	20 min.	JP1/JP2(Participa)		Ficha
3 Reunión síncrona 6 a 8 pm miércoles 3 de noviembre	Presentación de 2a Hipótesis: se trabaja en dos aulas. Cada grupo presenta la hipótesis corregida. Puede ser PPT u otra presentación. 7.5 minutos cada grupo. El JP toma notas para su ficha.	30 min.	JP1/JP2(Guía, facilita)	Presenta	PPT/Otro
	Retroalimentación: El JP aprueba la hipótesis, puede hacer algún ajuste. Usa la rúbrica como check list de las tareas acumuladas.	30 min.	JP1/JP2 (Guía, facilita)	Participa	
	Tarea asíncrona: Los JP explican la tarea para la sesión 4. Coordinan fecha asíncrona. Coordina presentación para cuarta sesión.	20 min.	JP1/JP2 (Guía, facilita)	Preguntas	JPs(Recomiendan)
	Calificación de rúbrica 1: El JP califica.	20 min.	JP1/JP2 (Califica)		Rúbrica
	Llenar ficha ref. (JPs): los JP llenan las fichas de observación.	20 min.	JP1/JP2 (actúa)		Ficha
3 Reunión asíncrona (Investigador y JPs) fecha a coordinar	Reflexión docente: Revisión de fichas.	30 min.	Inv., JP1/JP2 (Participa)		Reunión Zoom
	Revisión de Diario Investigador.	20 min.	Inv., JP1/JP2 (Participa)		
	Análisis crítico, reflexión docente.	20 min.	Inv., JP1/JP2 (Participa)		
	Digitación de acta.	20 min.	Inv., JP1/JP2 (Participa)		

Segunda parte: Resolución de la hipótesis planteada					
SEMANA	ACTIVIDAD PROGRAMADA	TIEMPO	AC. DOCENTES	AC. ALUMNOS	HERRAMIENTAS
4 Reunión síncrona 6 a 8 pm miércoles 10/11/2021	Presentación y socialización de hipótesis: Los alumnos tienen 15 minutos para exponer su hipótesis de solución ante sus compañeros. Se trabaja en dos aulas.	60 min.	JP1/JP2 (Guía, facilita)	Presenta	PPT/Otro
	Retroalimentación: El JP aprueba los últimos ajustes y direcciona información bibliográfica. Retroalimenta también sobre trabajo colaborativo.	30 min.	JP1/JP2 (Guía, facilita)	Participa	
	Tarea asíncrona: Los JP explican la tarea para la sesión 5. Coordinan fecha asíncrona. Coordina presentación para quinta sesión.	10 min.	JP1/JP2 (Guía, facilita)	Preguntas	
	Llenar ficha ref. (JPs): los JP llenan la ficha de observación.	20 min.	JP1/JP2 (Actúa)		Ficha
5 Reunión síncrona 6 a 8 pm miércoles 17 de noviembre	Presentación de Planos/Memorias/Anexos: Los alumnos tiene 15 minutos para exponer su trabajo: planos, memorias, anexos. Se trabaja en dos aulas.	60 min.	JP1/JP2 (Guía, facilita)	Presenta	PPT/Otro
	Retroalimentación/acciones convenidas: los JP tienen 7.5 minutos por grupo para aprobar lo actuado y sugerir algún ajuste. Se adiciona referencia bibliográfica de ser necesario.	30 min.	JP1/JP2 (Guía, facilita)	Participa	
	Tarea asíncrona; los JP convienen con los grupos que lo necesiten una reunión asíncrona, coordinan fecha. Programan ajustes finales para presentación en la sesión de la semana 6	10 min.	JP1/JP2 (Guía, facilita)	Preguntas	JP (Recomiendan)
	Llenar ficha ref. (JPs): JP llenan la ficha de observación.	20 min.	JP1/JP2 (Actúa)		Ficha

6 Reunión síncrona 6 a 8 pm miércoles 24 de noviembre	Presentación Final: Cada grupo, a través de un representante presenta su trabajo final, puede hacerlo con un PPT u otro. Tiene 15 minutos para la presentación. Se presenta en dos aulas	60 min.	Inv., JP1/JP2 (Participa)	Presenta	PPT/Otro
	Observaciones finales de retroalimentación: los docentes pueden hacer una retroalimentación, para el aprendizaje, ya no genera correcciones, son observaciones generales.	20 min.	Inv., JP1/JP2 (Presentan)	Preguntas	JP (Recomiendan)
	Calificación de rúbrica 2. Cada JP a sus grupos.	20 min.	JP1/JP2 (Califica)		Rúbrica
	Llenar ficha ref. (JPs): los JP llenan la ficha de observación.	20 min.	JP1/JP2 (Actúa)		Ficha
6 Reunión asíncrona (Investigador y JPs) fecha a coordinar	Reflexión docente: Revisión de fichas.	30 min.	Inv., JP1/JP2 (Participa)		Reunión Zoom
	Revisión de Diario Investigador.	25 min.	Inv., JP1/JP2 (Participa)		
	Análisis crítico, reflexión docente.	20 min.	Inv., JP1/JP2 (Participa)		
	Digitación de acta.	20 min.	Inv., JP1/JP2 (Participa)		

ANEXO B - Problemas a ser resueltos por los alumnos

Caso 1- Texto del Problema

Sistema de abastecimiento de agua para un campamento minero

Se requiere dimensionar hidráulicamente un sistema de abastecimiento de agua para un campamento minero que se ubicará en un paraje de las estribaciones de los andes, en la vertiente del Pacífico a una altitud de 800 msnm. El campamento está dimensionado para alojar a 720 trabajadores, en tres niveles como se muestra en el corte AA.

Cuenta con 15 bloques de vivienda de dos plantas, con capacidad para alojar a 48 trabajadores en un área de 9 x 18 m. Los 15 bloques se distribuyen en tres niveles, separados por 5 m. de altura.

La planta topográfica para la determinación de los detalles se adjunta en el plano correspondiente, en donde se destaca el curso del río, la ubicación de la plataforma donde se construirán los alojamientos de los trabajadores, la trocha de acceso al campamento desde la carretera a la mina. La plataforma donde se construirán los alojamientos.

Considerar que el río en estiaje acarrea un caudal de 2 m³/s y que la calidad del agua no requiere tratamiento para uso ordinario en el campamento (aseo, servicios, lavandería) y debe hervirse para consumo humano. No se cocinarán alimentos en estos alojamientos. La mina tiene sus propios comedores donde los trabajadores tendrán desayuno, almuerzo y cena.

Las dotaciones de agua para cada bloque, así como la presión de servicio se establecerán de acuerdo al RNC y todo el sistema debe configurarse teniendo en cuenta este reglamento.

Las fórmulas y tablas empleadas para calcular las pérdidas, los diámetros, las presiones relevantes en el diseño se pueden tomar de las separatas consideradas en la innovación o de alguna otra referencia bibliográfica, de preferencia de los textos de la bibliografía del sílabo del curso.

El sistema debe considerar:

1. Ubicación, dimensionamiento y equipamiento de la captación de agua del río.
2. Ruta, materiales y trazo de la tubería de alimentación hasta los bloques de alojamiento.
3. Ubicación y dimensiones de reservorios si fuesen necesarios
4. Se debe dimensionar las tuberías, accesorios y equipos, en caso de requerirlos, adjuntando las características técnicas.
5. Al final del trabajo se debe presentar un plano con la distribución en planta tomando en cuenta el perfil longitudinal de una línea, de la captación a la entrega en el bloque de vivienda (el trabajo no considera la distribución interna), una memoria descriptiva (no más de dos páginas) y los anexos necesarios para las calidades de los insumos (tuberías, equipos, accesorios).

La duración del desarrollo de este trabajo es de 6 semanas, con sesiones los días miércoles de 6 a 8 pm según cronograma que se detallará en su momento, con asistencia obligatoria (entre la semana 9 y 15 del semestre).

Las calificaciones a la semana 12 y 15 semana reemplazarán a las notas de la tercera y cuarta práctica. Las rúbricas para estas evaluaciones se entregarán oportunamente.

Las calificaciones considerarán, en una primera etapa, el desempeño de los estudiantes en el trabajo colaborativo conducente a una hipótesis de solución del problema de abastecimiento, basado en los elementos de contextualización que haya configurado el grupo de trabajo, así como a la estructuración de dicha hipótesis. Los alcances a ser evaluados en esta primera etapa consideran: decisiones de ubicación y sistema de captación, dotaciones de agua adecuados al uso según reglamentos, ruta de conducción, materiales y accesorios a utilizar, verificación de los parámetros de abastecimiento como presiones, reservorios, tiempos y características de sistemas de bombeo, de ser necesarios. Los desempeños derivados de esta evaluación se muestran en la primera rúbrica diseñada para ese fin, que será aplicada en la tercera semana de la innovación.

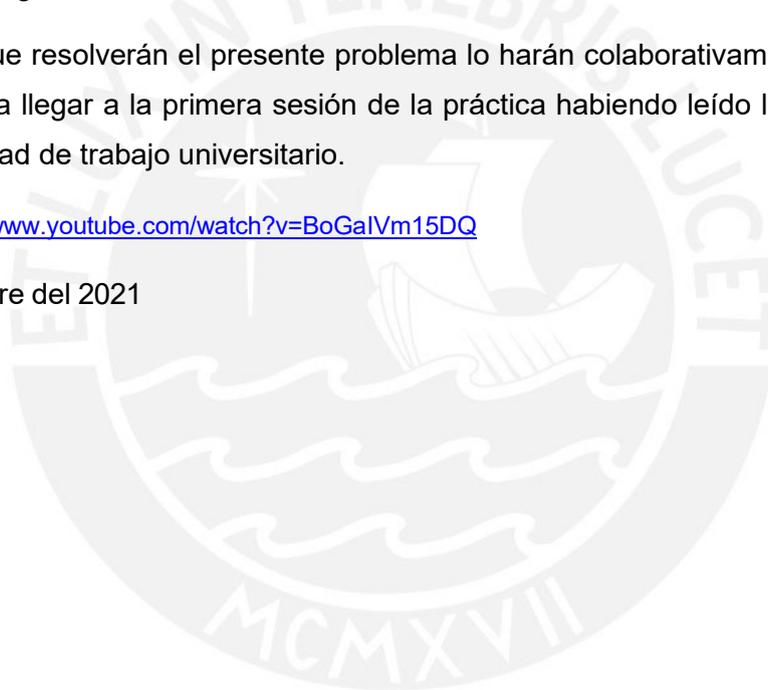
En una segunda etapa, el desempeño a evaluar se situará en el trabajo colaborativo asociado a la presentación de la solución definida para el problema complejo, es decir

una vez aprobada la hipótesis de solución del abastecimiento planteado por el grupo, se procederá a su desarrollo técnico, siendo los alcances esperados la ejecución de planos, memoria descriptiva y de cálculo de las partes importantes como: diseño de la captación, caudales considerados, de la línea de conducción con sus detalles de cobertura, de protección, sujeción, ruta. También se evaluarán las decisiones del abastecimiento, almacenamiento, tiempos de cobertura y por último la presentación general de planos con detalles de planta, perfiles longitudinales de flujo, detalles de captaciones, cisternas, instalación de bombas, casetas, etc. Todo ello se tendrá en cuenta en la segunda rúbrica, a ser evaluada en la sexta semana de la innovación.

Los grupos que resolverán el presente problema lo harán colaborativamente por lo que se recomienda llegar a la primera sesión de la práctica habiendo leído los alcances de dicha modalidad de trabajo universitario.

Link 1- <https://www.youtube.com/watch?v=BoGalVm15DQ>

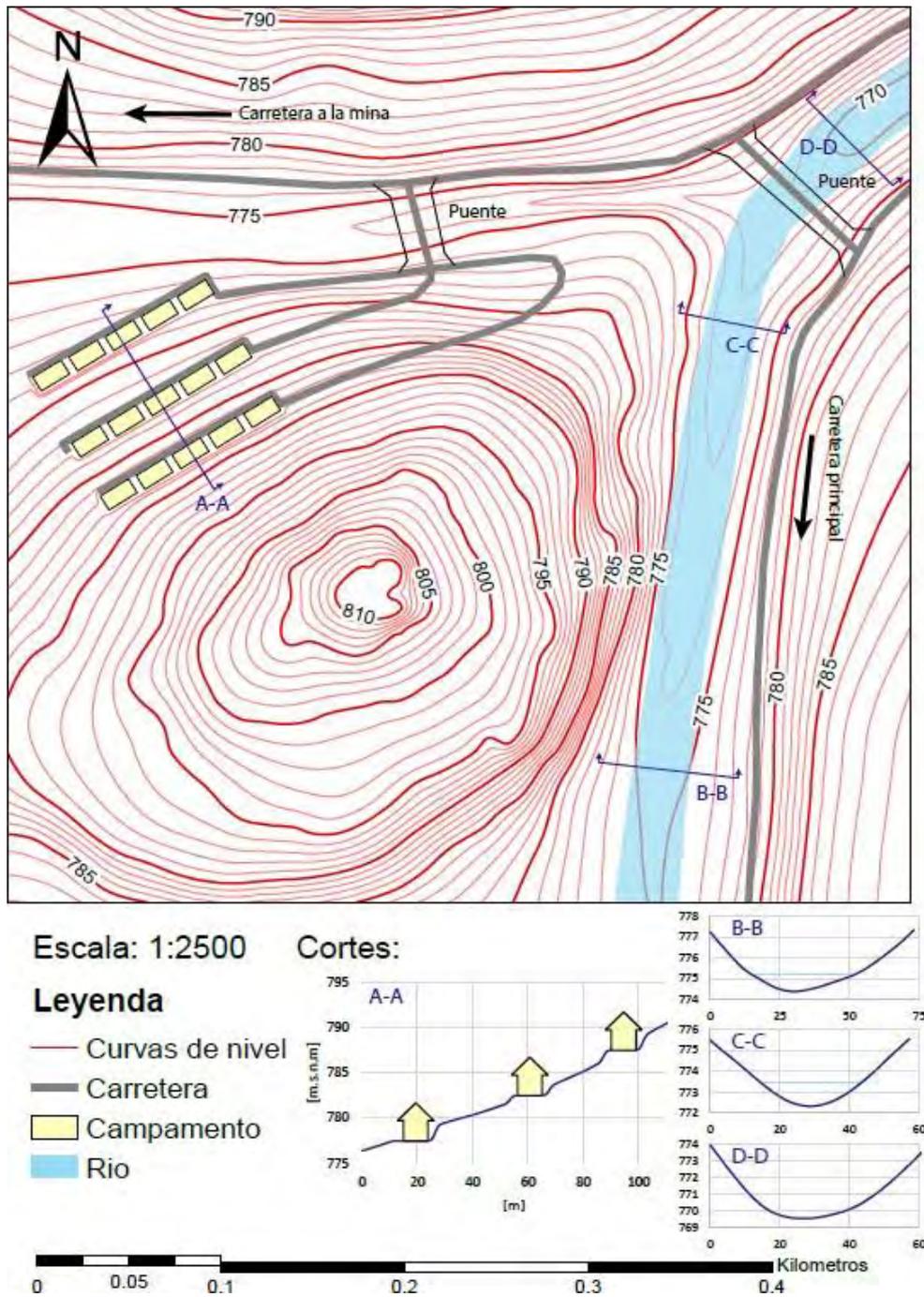
Lima, setiembre del 2021



Caso 1 – Plano del Problema

Figura B1

Plano del Caso 1



Caso 2 – Texto del problema

Abastecimiento de agua potable a dos edificios de departamentos de vivienda económica

En una zona del sur de la costa de Lima, se han edificado dos bloques de viviendas y deben abastecerse de una línea de conducción que pasa por su cercanía. El ducto de abastecimiento es de acero comercial, tiene un diámetro de 10 pulgadas y conduce 100 l/s en el tramo de captación. La cota del eje de la tubería de abastecimiento y las presiones del flujo se muestran en el plano que se adjunta.

La ubicación de los edificios y las cotas del nivel del primer piso se indican en el plano. Para trazar la línea de captación y los diámetros de diseño se indica las pistas existentes. El diseño debe considerar la conducción de las tuberías, las presiones de servicio, los equipos y accesorios necesarios. Las especificaciones de las tuberías a usar, así como de los equipos a emplear deben acompañar a la memoria descriptiva a presentar junto con los planos y memoria de cálculo.

El edificio A constará de una planta con 4 departamentos por piso en un área de 560 m². Esta se repetirá en los 4 pisos del edificio. El edificio B, tendrá 6 departamentos por piso en una planta de 840 m² que se repetirán en 6 pisos.

Las dotaciones de agua para cada bloque, así como la presión de servicio se establecerán de acuerdo al RNC y todo el sistema debe configurarse teniendo en cuenta este reglamento.

El sistema debe considerar:

1. Ubicación, dimensionamiento y equipamiento de la captación de la línea existente.
2. Ubicación y dimensiones de reservorios, si fuesen necesarios.
3. Trazo y dimensionamiento del sistema de distribución a las edificaciones.
4. Se debe dimensionar las tuberías, los equipos en caso de requerirlos y adjuntar las características técnicas.

5. Al final del trabajo se debe presentar un plano con la distribución en planta. El perfil longitudinal de una línea, de la captación a la entrega en el bloque de vivienda (tener en cuenta que el trabajo no considera la distribución interna), una memoria descriptiva (no más de tres páginas) y los anexos necesarios para las calidades de los insumos (tuberías, equipos, accesorios).

La duración del desarrollo de este trabajo es de 6 semanas, con sesiones los días miércoles de 6 a 8 pm según cronograma que se detallará en su momento, con asistencia obligatoria (entre la semana 9 y 15 del semestre). Las calificaciones a la semana 12 y 15 semana reemplazarán a las notas de la tercera y cuarta práctica. Las rúbricas para estas evaluaciones se entregarán oportunamente.

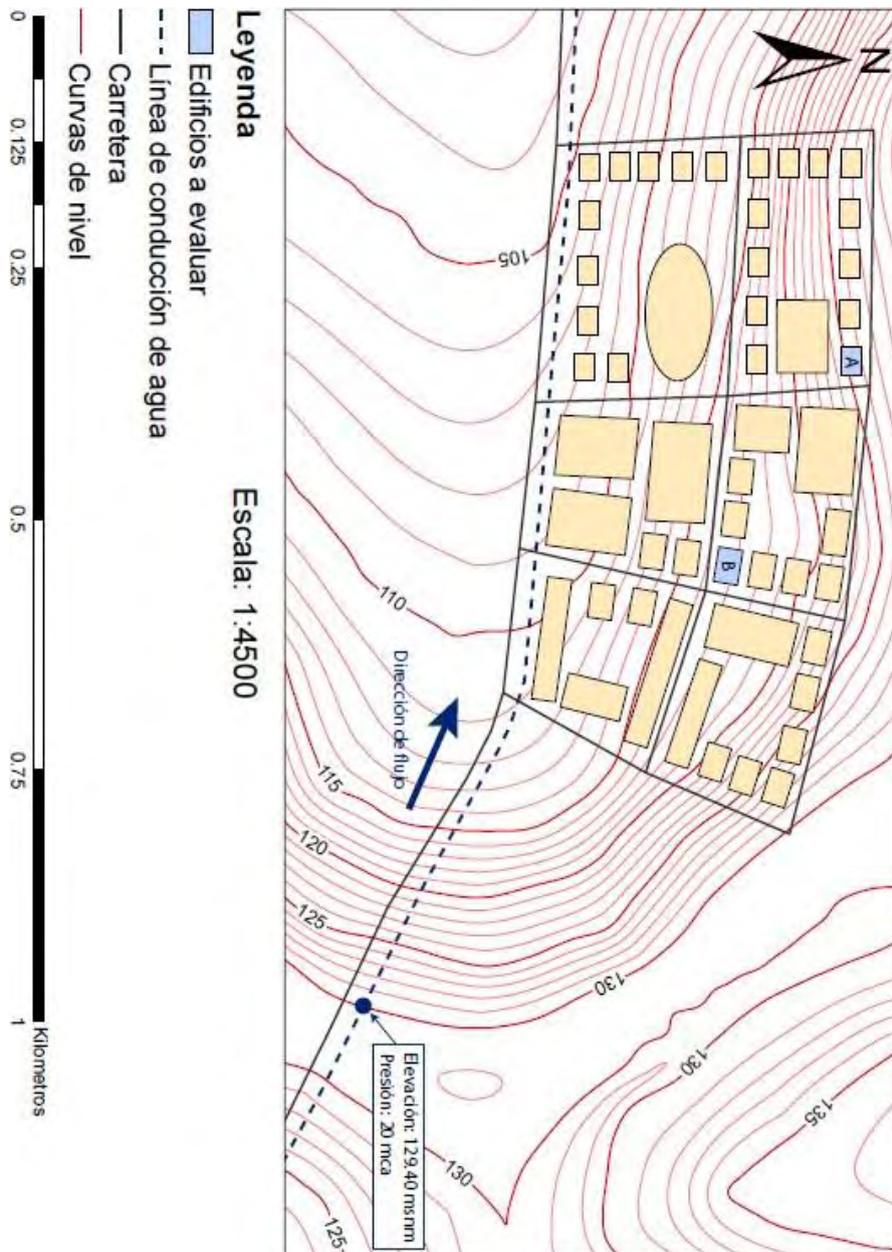
Las calificaciones considerarán al trabajo colaborativo como a la solución del problema como dos efectos complementarios.

La asistencia de los alumnos al dictado de su curso sigue siendo obligatoria. Los temas desarrollados en clases por los profesores, que son evaluados en la tercera y cuarta práctica, pueden ser tratados en el examen final.

Lima, Setiembre del 2021.

Caso 2 – Plano del problema

Figura B2
Plano del Caso 2



ANEXO C – Instrumento del cuestionario

Estimado alumno participante de la investigación docente del curso de Mecánica de Fluidos CIV274, de la especialidad de Ingeniería Civil/Minas.

Agradeceré su colaboración en el llenado del cuestionario, para lo cual le solicito lea cuidadosamente cada uno de los ítems planteados, para luego marcar con un aspa (X) la respuesta que mejor exprese su idea, teniendo en cuenta la siguiente escala:

Nunca (0) A veces (1) Regularmente (2)
 Casi siempre (3) Siempre (4)

N°	Ítems	Escala				
		0	1	2	3	4
1.	Durante el desarrollo del trabajo colaborativo has percibido identidad grupal.					
2.	En las distintas sesiones de trabajo grupal ha funcionado la organización del proceso del trabajo.					
3.	La asignación de roles y tareas ha sido equitativa.					
4.	Se percibe en el grupo retroalimentación entre los miembros.					
5.	Apreciaste durante el trabajo colaborativo una mejora en tus actitudes hacia tus compañeros.					
6.	Estas satisfecho con tu nivel de colaboración en la resolución del problema.					
7.	Te impresiona la capacidad de liderazgo de algún miembro de tu grupo.					
8.	Has adquirido un dominio importante en los conceptos trabajados colaborativamente.					
9.	Has apreciado el desarrollo o el afianzamiento de la tolerancia en tu grupo.					
10.	El acompañamiento tutorial a tu grupo ha sido significativo.					

11.	Has percibido en tu grupo la falta de diálogo y de escucha.					
12.	Estas satisfecho con los conocimientos adquiridos.					
13.	Ha llamado tu atención las habilidades demostradas por algún compañero de tu grupo.					
14.	Se identificaron necesidades de mayor información para lograr la tarea a realizar.					
15.	La solución obtenida cubre las necesidades solicitadas originalmente					
16.	El grupo ha hecho alguna reflexión sobre la calidad de la solución hallada.					
17.	Aprecias haber desarrollado el entendimiento de algún tema relevante.					
18.	Consideras haber incrementado tu aprendizaje aplicado.					
19.	Consideras que se ha facilitado la comunicación con tus compañeros o tus profesores.					
20.	Aprecias mejora en tus competencias transversales.					
21.	Consideras que fue demasiado contenido a trabajar para tan poco tiempo.					
22.	Consideras que hubo dificultades para hacer un seguimiento del proceso.					
23.	Has percibido sobrecarga de trabajo en el alumnado.					

ANEXO D - Fichas de registro de ocurrencias

Tabla D1

Ficha de registro de ocurrencias

<p>FECHA:</p> <p>GRUPOS:</p> <p>DIMENSION: Investigación cualitativa - Observación</p> <p>FASE: 1 Contextualización del problema</p> <p>JEFE DE PRÁCTICA:</p> <p>DOCUMENTOS: separatas, RNC, otros.</p>	
<p>DESARROLLO (OCURRENCIAS)</p> <ul style="list-style-type: none">• Saberes previos• Contenidos conceptuales• Contenidos procedimentales	<p>PERCEPCIONES (ACTITUDES/OPINIONES)</p> <p>1-</p>
<p>COMPROMISOS</p> <p>1-</p>	

ANEXO E - Rúbricas para primera etapa (Contextualización del problema)

Tabla E1

Plantilla Modelo

Rúbrica			
Producto 1: Contextualización del problema: Hipótesis de solución			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Dotación de agua	<ul style="list-style-type: none"> Define el volumen de agua necesario teniendo en cuenta la reglamentación correspondiente. Aplica correcciones teniendo en cuenta el tiempo de conducción y/o adoptando reducciones o sobredimensionamiento. Define los caudales de captación y derivación teniendo en cuenta la estimación para el caso. 		4
Captación	<ul style="list-style-type: none"> Justifica la ubicación de la captación. Dimensiona la captación de acuerdo con las consideraciones del caso y al tiempo. Determina posibles inconvenientes que puedan presentarse en la captación y plantea soluciones a las mismas. 		4
Transporte o distribución	<ul style="list-style-type: none"> Define el trazo de la conducción de acuerdo al contexto y propone soluciones a problemas de seguridad de la misma. Justifica el material de las tuberías de acuerdo al contexto (idóneo al ambiente). Verifica que el material y los accesorios existan en el mercado (indica donde obtenerlo, sea nacional o internacional para lo cual muestra el link). Define y dimensiona almacenamientos de ser necesarios. 		4
Sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Justifica su necesidad de acuerdo al contexto (almacenamiento y presión de servicio). Define sus características principales: carga dinámica, caudal, tiempo de bombeo, número de bombas, diámetros de tuberías, etc. Elaborar un croquis del sistema en base a lo dimensionado. 		4
Verificación del abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> Verifica los tiempos de conducción, almacenamiento, bombeos vs los caudales. Verifica si las presiones de entrega cumplen con los reglamentos. 		4

Aplicaciones de la rúbrica

Tabla E2

Aplicaciones de la rúbrica Grupo 1

Rúbrica GRUPO 1			
Producto 1: Contextualización del problema			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Dotación de agua	<ul style="list-style-type: none"> Define el volumen de agua necesario teniendo en cuenta la reglamentación correspondiente. Aplica correcciones teniendo en cuenta el tiempo de conducción y/o adoptando reducciones o sobredimensionamiento Define los caudales de captación y derivación teniendo en cuenta la estimación para el caso. 	La consideración de los volúmenes requeridos es muy por encima de lo razonable, si bien hay cierto sustento del por qué se toma más de lo requerido, a esto hay que agregar la falta de criterio en los tiempos de llenado, tiempos de almacenamiento y volumen individual de cada reservorio.	2
Captación	<ul style="list-style-type: none"> Justifica la ubicación de la captación. Dimensiona la captación de acuerdo a las consideraciones del caso y al tiempo. Determina posibles inconvenientes que puedan presentarse en la captación y plantea soluciones a las mismas. 	El diseño elegido es relativamente complicado, pero el sustento del mismo es adecuado. Se realizó un pre-dimensionamiento que es bastante razonable para la etapa en que se encuentra el proyecto.	4
Transporte o distribución	<ul style="list-style-type: none"> Define el trazo de la conducción de acuerdo al contexto y propone soluciones a problemas de seguridad de la misma Justifica el material de las tuberías de acuerdo al contexto (idóneo al ambiente). Verifica que el material y los accesorios existan en el mercado (indica donde obtenerlo, sea nacional o internacional, muestra el link). Define y dimensiona almacenamientos de ser necesarios. 	Si bien el trazo es adecuado, no hay mayor sustento numérico que abale lo mostrado en la presentación y no hay mayor verificación del mismo.	2.5
Sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Justifica su necesidad de acuerdo al contexto (almacenamiento y presión de servicio) Define sus características principales: carga dinámica, caudal, tiempo de bombeo, número de bombas, diámetros de tuberías, etc. Elaborar un croquis del sistema en base a lo dimensionado. 	Las consideraciones para el bombeo a este punto del trabajo son muy básicas, se realizó cierta investigación pero no hay mayor profundidad en el tema.	2
Verificación del abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> Verifica los tiempos de conducción, almacenamiento, bombeos vs los caudales. Verifica si las presiones de entrega cumplen con los reglamentos. 	No hay mayor verificación en el sistema, pero al menos el sustento legal es suficiente para aceptar parte del diseño.	2

Tabla E3

Aplicaciones de la rúbrica Grupo 2

Rúbrica GRUPO 2			
Producto 1: Contextualización del problema			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Dotación de agua	<ul style="list-style-type: none"> Define el volumen de agua necesario teniendo en cuenta la reglamentación correspondiente. Aplica correcciones teniendo en cuenta el tiempo de conducción y/o adoptando reducciones o sobredimensionamiento Define los caudales de captación y derivación teniendo en cuenta la estimación para el caso. 	La consideración de los volúmenes requeridos es muy por encima de lo razonable, si bien hay cierto sustento del por qué se toma más de lo requerido, a esto hay que agregar la falta de criterio en los tiempos de llenado, tiempos de almacenamiento y volumen individual de cada reservorio.	2
Captación	<ul style="list-style-type: none"> Justifica la ubicación de la captación. Dimensiona la captación de acuerdo a las consideraciones del caso y al tiempo. Determina posibles inconvenientes que puedan presentarse en la captación y plantea soluciones a las mismas. 	El diseño elegido es relativamente complicado, pero el sustento del mismo es adecuado. Se realizó un pre-dimensionamiento que es bastante razonable para la etapa en que se encuentra el proyecto.	4
Transporte o distribución	<ul style="list-style-type: none"> Define el trazo de la conducción de acuerdo al contexto y propone soluciones a problemas de seguridad de la misma. Justifica el material de las tuberías de acuerdo al contexto (idóneo al ambiente). Verifica que el material y los accesorios existan en el mercado (indica donde obtenerlo, sea nacional o internacional, muestra el link). Define y dimensiona almacenamientos de ser necesarios. 	Si bien el trazo es adecuado, no hay mayor sustento numérico que abale lo mostrado en la presentación y no hay mayor verificación del mismo.	2.5
Sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Justifica su necesidad de acuerdo al contexto (almacenamiento y presión de servicio). Define sus características principales: carga dinámica, caudal, tiempo de bombeo, número de bombas, diámetros de tuberías, etc. Elaborar un croquis del sistema en base a lo dimensionado. 	Las consideraciones para el bombeo a este punto del trabajo son muy básicas, se realizó cierta investigación pero no hay mayor profundidad en el tema.	2
Verificación del abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> Verifica los tiempos de conducción, almacenamiento, bombeos vs los caudales Verifica si las presiones de entrega cumplen con los reglamentos. 	No hay mayor verificación en el sistema, pero al menos el sustento legal es suficiente para aceptar parte del diseño.	2

Tabla E4

Aplicaciones de la rúbrica Grupo 3

Rúbrica GRUPO 3			
Producto 1: Contextualización del problema			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Dotación de agua	<ul style="list-style-type: none"> Define el volumen de agua necesario teniendo en cuenta la reglamentación correspondiente. Aplica correcciones teniendo en cuenta el tiempo de conducción y/o adoptando reducciones o sobredimensionamiento. Define los caudales de captación y derivación teniendo en cuenta la estimación para el caso. 	La consideración de los volúmenes requeridos es adecuada, sin embargo los tiempos de llenado no son razonables. Del mismo modo, no tienen claro aún los tiempos de uso para los cuales el tanque elevado debería estar lleno y cuánto tarda en vaciar.	3
Captación	<ul style="list-style-type: none"> Justifica la ubicación de la captación. Dimensiona la captación de acuerdo a las consideraciones del caso y al tiempo. Determina posibles inconvenientes que puedan presentarse en la captación y plantea soluciones a las mismas. 	El diseño elegido es relativamente complicado y no tienen claro los componentes necesarios para llevarlo a cabo.	2
Transporte o distribución	<ul style="list-style-type: none"> Define el trazo de la conducción de acuerdo al contexto y propone soluciones a problemas de seguridad de la misma. Justifica el material de las tuberías de acuerdo al contexto (idóneo al ambiente). Verifica que el material y los accesorios existan en el mercado (indica donde obtenerlo, sea nacional o internacional, muestra el link). Define y dimensiona almacenamientos de ser necesarios. 	Si bien el trazo es adecuado, y aunque evaluaron múltiples posibilidades, el fundamento no es el correcto y no hay mayor cálculo que sustenten sus decisiones.	2.5
Sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Justifica su necesidad de acuerdo al contexto (almacenamiento y presión de servicio). Define sus características principales: carga dinámica, caudal, tiempo de bombeo, número de bombas, diámetros de tuberías, etc. Elaborar un croquis del sistema en base a lo dimensionado. 	Las consideraciones para el bombeo a este punto del trabajo son muy básicas, se realizó cierta investigación pero no hay mayor profundidad en el tema.	2
Verificación del abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> Verifica los tiempos de conducción, almacenamiento, bombeos vs los caudales. Verifica si las presiones de entrega cumplen con los reglamentos. 	No hay mayor verificación en el sistema, hay ciertas violaciones y omisiones a los reglamentos y al criterio en general.	1

Tabla E5

Aplicaciones de la rúbrica Grupo 4

Rúbrica GRUPO 4			
Producto 1: Contextualización del problema			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Dotación de agua	<ul style="list-style-type: none"> Define el volumen de agua necesario teniendo en cuenta la reglamentación correspondiente. Aplica correcciones teniendo en cuenta el tiempo de conducción y/o adoptando reducciones o sobredimensionamiento. Define los caudales de captación y derivación teniendo en cuenta la estimación para el caso. 	La consideración de los volúmenes requeridos es adecuada e identifican proveedores y elementos que puede suplir estas necesidades, aunque no justifican ciertas decisiones respecto a las estructuras de contención.	3
Captación	<ul style="list-style-type: none"> Justifica la ubicación de la captación. Dimensiona la captación de acuerdo a las consideraciones del caso y al tiempo. Determina posibles inconvenientes que puedan presentarse en la captación y plantea soluciones a las mismas. 	No hay mayor diseño más allá de un concepto sin forma. En este sentido, este grupo se encuentra muy por detrás de otros grupos	0
Transporte o distribución	<ul style="list-style-type: none"> Define el trazo de la conducción de acuerdo al contexto y propone soluciones a problemas de seguridad de la misma. Justifica el material de las tuberías de acuerdo al contexto (idóneo al ambiente). Verifica que el material y los accesorios existan en el mercado (indica donde obtenerlo, sea nacional o internacional, muestra el link). Define y dimensiona almacenamientos de ser necesarios. 	Si bien el trazo es adecuado, no hay mayor sustento numérico que abale lo mostrado en la presentación y no hay mayor verificación del mismo.	2.5
Sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Justifica su necesidad de acuerdo al contexto (almacenamiento y presión de servicio). Define sus características principales: carga dinámica, caudal, tiempo de bombeo, número de bombas, diámetros de tuberías, etc. Elaborar un croquis del sistema en base a lo dimensionado. 	Las consideraciones para el bombeo a este punto del trabajo son muy básicas, se realizó cierta investigación pero no hay mayor profundidad en el tema.	2
Verificación del abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> Verifica los tiempos de conducción, almacenamiento, bombeos vs los caudales Verifica si las presiones de entrega cumplen con los reglamentos. 	No hay mayor verificación en el sistema, pero al menos el sustento legal es suficiente para aceptar parte del diseño.	2

Tabla E6

Aplicaciones de la rúbrica Grupo A

Rúbrica GRUPO A			
Producto 1: Contextualización del problema			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Dotación de agua	<ul style="list-style-type: none"> Define el volumen de agua necesario teniendo en cuenta la reglamentación correspondiente. Aplica correcciones teniendo en cuenta el tiempo de conducción y/o adoptando reducciones o sobredimensionamiento. Define los caudales de captación y derivación teniendo en cuenta la estimación para el caso. 	<p>No realizaron análisis del tiempo de conducción. Determinaron el caudal correctamente. No aplicaron sobredimensionamiento o reducciones. Sí definieron correctamente la dotación diaria requerida en cada edificio.</p>	3
Captación	<ul style="list-style-type: none"> Justifica la ubicación de la captación. Dimensiona la captación de acuerdo a las consideraciones del caso y al tiempo. Determina posibles inconvenientes que puedan presentarse en la captación y plantea soluciones a las mismas. 	<p>Justificaron correctamente la ubicación de la captación, tras analizar 3 posibles escenarios. No realizaron diseño de la captación. No mencionaron posibles inconvenientes</p>	3
Transporte o distribución	<ul style="list-style-type: none"> Define el trazo de la conducción de acuerdo al contexto y propone soluciones a problemas de seguridad de la misma. Justifica el material de las tuberías de acuerdo al contexto (idóneo al ambiente). Verifica que el material y los accesorios existan en el mercado (indica donde obtenerlo, sea nacional o internacional, muestra el link). Define y dimensiona almacenamientos de ser necesarios. 	<p>Justificaron el material escogido por ser el que tiene menor rugosidad, lo cual es válido, pero también debieron tener en cuenta el tipo de terreno u otros factores. No realizaron análisis de problemas de seguridad del trazo. Sí verificaron la existencia de los accesorios y materiales a emplear, incluido costo y coeficiente de pérdidas. No creyeron necesario dimensionar almacenamientos.</p>	3
Sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Justifica su necesidad de acuerdo al contexto (almacenamiento y presión de servicio). Define sus características principales: carga dinámica, caudal, tiempo de bombeo, número de bombas, diámetros de tuberías, etc. Elaborar un croquis del sistema en base a lo dimensionado. 	<p>Presentaron 1 sola bomba para A y 2 para B. El único criterio para las 2 bombas en B fue que una no era suficiente para suministrar la carga suficiente. No investigaron alternancia de bombas. No presentaron croquis correctamente.</p>	2
Verificación del abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> Verifica los tiempos de conducción, almacenamiento, bombeos vs los caudales. Verifica si las presiones de entrega cumplen con los reglamentos. 	<p>No verificaron presiones de entrega en puntos altos del edificio. Sí verificaron el tiempo de llenado de cisterna y tanque.</p>	2

Tabla E7

Aplicaciones de la rúbrica Grupo B

Rúbrica GRUPO B			
Producto 1: Contextualización del problema			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Dotación de agua	<ul style="list-style-type: none"> Define el volumen de agua necesario teniendo en cuenta la reglamentación correspondiente. Aplica correcciones teniendo en cuenta el tiempo de conducción y/o adoptando reducciones. o sobredimensionamiento. Define los caudales de captación y derivación teniendo en cuenta la estimación para el caso. 	<p>No presentaron adecuadamente la información (su presentación tenía mucha información que no se empleó, y la mitad de la exposición se invirtió en entender su primera diapositiva).</p> <p>Define caudales de captación y derivación correctamente.</p> <p>También definieron la dotación diaria requerida en cada edificio.</p>	3
Captación	<ul style="list-style-type: none"> Justifica la ubicación de la captación. Dimensiona la captación de acuerdo a las consideraciones del caso y al tiempo. Determina posibles inconvenientes que puedan presentarse en la captación y plantea soluciones a las mismas. 	<p>No definieron accesorios de captación.</p> <p>No diseñaron captación.</p> <p>No mencionaron inconvenientes que pudieran presentarse en la captación.</p>	3
Transporte o distribución	<ul style="list-style-type: none"> Define el trazo de la conducción de acuerdo al contexto y propone soluciones a problemas de seguridad de la misma. Justifica el material de las tuberías de acuerdo al contexto (idóneo al ambiente). Verifica que el material y los accesorios existan en el mercado (indica donde obtenerlo, sea nacional o internacional, muestra el link). Define y dimensiona almacenamientos de ser necesarios. 	<p>Escogieron plástico por fines comerciales. Sí verificaron existencia de accesorios en el mercado nacional.</p>	3
Sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Justifica su necesidad de acuerdo al contexto (almacenamiento y presión de servicio). Define sus características principales: carga dinámica, caudal, tiempo de bombeo, número de bombas, diámetros de tuberías, etc. Elaborar un croquis del sistema en base a lo dimensionado. 	<p>Presentaron bombas sin sistema de alternancia.</p> <p>Croquis tampoco corresponde con lo que se requiere.</p>	2
Verificación del abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> Verifica los tiempos de conducción, almacenamiento, bombeos vs los caudales. Verifica si las presiones de entrega cumplen con los reglamentos. 	<p>No calcularon tiempos de llenado de cisterna y tanque.</p> <p>Tampoco verificaron presiones de entrega en los puntos más altos del edificio.</p>	1

Tabla E8

Aplicaciones de la rúbrica Grupo C

Rúbrica GRUPO C			
Producto 1: Contextualización del problema			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Dotación de agua	<ul style="list-style-type: none"> Define el volumen de agua necesario teniendo en cuenta la reglamentación correspondiente. Aplica correcciones teniendo en cuenta el tiempo de conducción y/o adoptando reducciones o sobredimensionamiento. Define los caudales de captación y derivación teniendo en cuenta la estimación para el caso. 	Tuvieron en cuenta las velocidades máximas y mínimas según la norma, pero no justificaron el diámetro escogido. También definieron la dotación diaria requerida en cada edificio.	3
Captación	<ul style="list-style-type: none"> Justifica la ubicación de la captación. Dimensiona la captación de acuerdo a las consideraciones del caso y al tiempo. Determina posibles inconvenientes que puedan presentarse en la captación y plantea soluciones a las mismas. 	El único inconveniente que mapearon fue el cambio de diámetro de tubería para la captación. No propusieron solución para ello. Tampoco investigaron cómo se realiza la captación, ni procedieron con el diseño respectivo.	2
Transporte o distribución	<ul style="list-style-type: none"> Define el trazo de la conducción de acuerdo al contexto y propone soluciones a problemas de seguridad de la misma. Justifica el material de las tuberías de acuerdo al contexto (idóneo al ambiente). Verifica que el material y los accesorios existan en el mercado (indica donde obtenerlo, sea nacional o internacional, muestra el link). Define y dimensiona almacenamientos de ser necesarios. 	No justificaron el material escogido. Para los coeficientes de pérdida en los accesorios, tomaron valores K vistos en el curso. Sí verificaron la existencia del material en el mercado nacional.	3
Sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Justifica su necesidad de acuerdo al contexto (almacenamiento y presión de servicio). Define sus características principales: carga dinámica, caudal, tiempo de bombeo, número de bombas, diámetros de tuberías, etc. Elaborar un croquis del sistema en base a lo dimensionado. 	Realizaron el diseño de la cisterna empleando apuntes del curso Instalaciones en Edificaciones. No emplearon sistema de bombas en paralelo ni alternancia. Tampoco presentaron croquis.	2
Verificación del abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> Verifica los tiempos de conducción, almacenamiento, bombeos vs los caudales. Verifica si las presiones de entrega cumplen con los reglamentos. 	No verificaron presión del agua en el punto más elevado. Sí calcularon los tiempos de llenado de cisterna y tanque.	2

Tabla E9

Aplicaciones de la rúbrica Grupo D

Rúbrica GRUPO D			
Producto 1: Contextualización del problema			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Dotación de agua	<ul style="list-style-type: none"> Define el volumen de agua necesario teniendo en cuenta la reglamentación correspondiente. Aplica correcciones teniendo en cuenta el tiempo de conducción y/o adoptando reducciones o sobredimensionamiento. Define los caudales de captación y derivación teniendo en cuenta la estimación para el caso. 	Escogieron un caudal ligeramente mayor al mínimo según la norma, pero no justificaron su elección. Definieron correctamente la dotación diaria requerida en cada edificio.	3
Captación	<ul style="list-style-type: none"> Justifica la ubicación de la captación. Dimensiona la captación de acuerdo a las consideraciones del caso y al tiempo. Determina posibles inconvenientes que puedan presentarse en la captación y plantea soluciones a las mismas. 	No conocían cómo se realiza la captación. Pensaron que era accesorio en T. No realizaron diseño de la captación.	2
Transporte o distribución	<ul style="list-style-type: none"> Define el trazo de la conducción de acuerdo al contexto y propone soluciones a problemas de seguridad de la misma. Justifica el material de las tuberías de acuerdo al contexto (idóneo al ambiente). Verifica que el material y los accesorios existan en el mercado (indica donde obtenerlo, sea nacional o internacional, muestra el link). Define y dimensiona almacenamientos de ser necesarios. 	Escogieron plástico por criterio de disminuir pérdidas (menor coeficiente de rugosidad). También lo justificaron con el tipo de suelo para la elección de material. Verificaron que el accesorio en T que requerían no existe en el mercado nacional, pero no trabajaron una alternativa a este problema.	3
Sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Justifica su necesidad de acuerdo al contexto (almacenamiento y presión de servicio). Define sus características principales: carga dinámica, caudal, tiempo de bombeo, número de bombas, diámetros de tuberías, etc. Elaborar un croquis del sistema en base a lo dimensionado. 	Conectaron bomba a la red domiciliaria. Lo investigó Laurente y el resto no lo validó. No socializaron la investigación de sistemas de bombeo. Propusieron 1 bomba para el edificio A y 1 bomba para el B. Elaboraron croquis sin muchos detalles.	2
Verificación del abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> Verifica los tiempos de conducción, almacenamiento, bombeos vs los caudales. Verifica si las presiones de entrega cumplen con los reglamentos. 	No verificaron tiempos de abastecimiento porque no usaron cisterna, solo usaron tanque elevado. Tampoco verificaron presión de agua en puntos más elevados de los edificios.	2

ANEXO F - Rúbricas para segunda etapa Plantilla Modelo

Tabla F1

Aplicaciones de la rúbrica para la evaluación del Producto 2

Rúbrica			
Producto 2: Resolución del problema complejo			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Croquis a escala de captación y diseño de bifurcaciones.	Dimensionar en plano A4 adicional al entregado. Incluir las líneas de bombeo, de ser el caso, mostrando planta y perfil. ¿Se muestran los detalles de la captación en planta y perfil? ¿Están acotados los valores relevantes?		4
Planta y perfil de líneas de transporte con detalles de cobertura/ sujeción.	Trazar en el mismo plano entregado, discriminando el trazo para no confundir. El perfil, los detalles de cobertura y sujeción en el mismo plano que la captación. Se muestran los trazos y detalles de las líneas de conducción en la planta y el perfil. ¿Están acotados los valores relevantes?		4
Ubicar almacenamientos / reservorio y hacer croquis con dimensiones y niveles relevantes.	Ubicar en el plano en planta y hacer croquis con dimensiones en hoja aparte A4. Si alcanza, en el mismo plano adicional. ¿Se presentan en forma clara los reservorios/almacenamientos considerados a lo largo de la línea de conducción?		4
Verificación de abastecimiento: volúmenes y presiones.	Justificar cálculos y explicar parámetros adoptados. Verificar con reglamentos. ¿Elabora una memoria de cálculos que abarca todos los elementos considerados y verifica que se han respetado los reglamentos correspondientes?		4
Presentación general / plano a escala/ memorias/anexos.	¿Hay limpieza en la presentación de planos y calidad en las memorias y anexos? 1. Plano en planta 2. Perfil longitudinal 3. Plano de detalles 4. Memorias/anexos		4

Aplicaciones de la rúbrica

Tabla F2

Aplicaciones de la rúbrica para la evaluación del Producto 2 del Grupo 1

Rúbrica GRUPO 1			
Producto 2: Resolución de problemas complejos			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Croquis a escala de captación y diseño de bifurcaciones.	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionar en plano A4 adicional al entregado. Incluir las líneas de bombeo, de ser el caso, mostrando en planta todo el desarrollo. Muestra detalles de la captación en planta y perfil. Acotar los valores significativos 	La presentación y formato son impecables, la escala es adecuada y el esquema planteado es fácil de entender.	4
Perfil de líneas de transporte con detalles de cobertura/ sujeción.	<ul style="list-style-type: none"> Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo de la línea de abastecimiento, muestra los detalles de cobertura y sujeción. Indica la línea de energía. Indica los diámetros por tramos. Especifica los materiales en los planos. 	Todos los elementos están debidamente acotados, pero omite pérdidas por algunos accesorios y olvida la existencia de válvulas de control importantes.	3
Dimensionar almacenamientos / reservorio.	<ul style="list-style-type: none"> Ubicar en el plano en planta, en la línea de transporte los reservorios. Hacer croquis para cada almacenamiento (o plano adicional) con dimensiones en hoja aparte A4. Indica los niveles mínimo y máximo de funcionamiento. 	Tanto el reservorio como la captación son adecuados. Los niveles y volúmenes son coherentes.	4
Verificación de abastecimiento: volúmenes y presiones.	<ul style="list-style-type: none"> Verifica que el dimensionamiento final resuelve el problema complejo. Justificar los parámetros adoptados. Registra en las memorias de cálculo los parámetros finales. 	Arrastra algunos errores relativos a la presión en el sistema.	3
Presentación general / plano a escala/ memorias/anexos.	<ul style="list-style-type: none"> Plano en planta. Perfil longitudinal. Plano de detalles. Memorias/anexos. 	Si bien los planos y perfiles son adecuados, la memoria descriptiva es un tanto caótica y muestra errores de cálculo mencionados anteriormente.	3

Tabla F3

Aplicaciones de la rúbrica para la evaluación del Producto 2 del Grupo 2

Rúbrica GRUPO 2			
Producto 2: Resolución de problemas complejos			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Croquis a escala de captación y diseño de bifurcaciones.	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionar en plano A4 adicional al entregado. Incluir las líneas de bombeo, de ser el caso, mostrando en planta todo el desarrollo. Muestra detalles de la captación en planta y perfil. Acotar los valores significativos. 	Los planos y gráficos son adecuados, pero la simbología usada puede ser un tanto confusa.	3
Perfil de líneas de transporte con detalles de cobertura/ sujeción.	<ul style="list-style-type: none"> Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo de la línea de abastecimiento, muestra los detalles de cobertura y sujeción. Indica la línea de energía. Indica los diámetros por tramos. Especifica los materiales en los planos. 	Omite ciertas válvulas y algunos puntos no muestran cambios de presión.	3
Dimensionar almacenamientos / reservorio.	<ul style="list-style-type: none"> Ubicar en el plano en planta, en la línea de transporte los reservorios. Hacer croquis para cada almacenamiento (o plano adicional) con dimensiones en hoja aparte A4. Indica los niveles mínimo y máximo de funcionamiento. 	El dimensionamiento es adecuado, los volúmenes son coherentes con los tiempos de llenado planteados.	4
Verificación de abastecimiento: volúmenes y presiones.	<ul style="list-style-type: none"> Verifica que el dimensionamiento final resuelve el problema complejo. Justificar los parámetros adoptados. Registra en las memorias de cálculo los parámetros finales. 	El sistema de captación es demasiado complejo, no justifican adecuadamente algunas decisiones de diseño.	3
Presentación general / plano a escala/ memorias/anexos.	<ul style="list-style-type: none"> Plano en planta. Perfil longitudinal. Plano de detalles. Memorias/anexos. 	Los planos son aceptables, pero la memoria descriptiva omite detalles importantes.	3

Tabla F4

Aplicaciones de la rúbrica para la evaluación del Producto 2 del Grupo 3

Rúbrica GRUPO 3			
Producto 2: Resolución de problemas complejos			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Croquis a escala de captación y diseño de bifurcaciones.	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionar en plano A4 adicional al entregado. Incluir las líneas de bombeo, de ser el caso, mostrando en planta todo el desarrollo. Muestra detalles de la captación en planta y perfil. Acotar los valores significativos. 	Los planos presentados son suficientemente claros.	4
Perfil de líneas de transporte con detalles de cobertura/ sujeción.	<ul style="list-style-type: none"> Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo de la línea de abastecimiento, muestra los detalles de cobertura y sujeción. Indica la línea de energía. Indica los diámetros por tramos. Especifica los materiales en los planos. 	Algunos valores en las líneas de energía no son coherentes. Omite accesorios.	3
Dimensionar almacenamientos / reservorio.	<ul style="list-style-type: none"> Ubicar en el plano en planta, en la línea de transporte los reservorios. Hacer croquis para cada almacenamiento (o plano adicional) con dimensiones en hoja aparte A4. Indica los niveles mínimo y máximo de funcionamiento. 	El método de captación elegido es muy complejo y no hay mayor sustento para los volúmenes seleccionados, pese a que son medianamente razonables.	3
Verificación de abastecimiento: volúmenes y presiones.	<ul style="list-style-type: none"> Verifica que el dimensionamiento final resuelve el problema complejo. Justificar los parámetros adoptados. Registra en las memorias de cálculo los parámetros finales. 	Existen errores fundamentales en los cálculos del bombeo y dimensionamiento de tuberías, además, hay errores por no considerar ciertos accesorios.	2
Presentación general / plano a escala/ memorias/anexos.	<ul style="list-style-type: none"> Plano en planta. Perfil longitudinal. Plano de detalles. Memorias/anexos. 	La memoria descriptiva es muy caótica y no permite una fácil corrección o verificación de los errores mencionados previamente.	2

Tabla F5

Aplicaciones de la rúbrica para la evaluación del Producto 2 del Grupo 4

Rúbrica GRUPO 4			
Producto 2: Resolución de problemas			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Croquis a escala de captación y diseño de bifurcaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionar en plano A4 adicional al entregado. Incluir las líneas de bombeo, de ser el caso, mostrando en planta todo el desarrollo. • Muestra detalles de la captación en planta y perfil. Acotar los valores significativos. 	Los gráficos mostrados muestran los elementos empleados en el diseño, pero no indican detalles importantes ni acotan adecuadamente puntos relevantes para el desarrollo de su memoria descriptiva.	2
Perfil de líneas de transporte con detalles de cobertura/ sujeción.	<ul style="list-style-type: none"> • Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo de la línea de abastecimiento, muestra los detalles de cobertura y sujeción. • Indica la línea de energía. • Indica los diámetros por tramos. • Especifica los materiales en los planos. 	Las líneas de energía mostradas poseen errores de continuidad serios. Omiten ciertas líneas en tramos de interés como son algunas bifurcaciones en la entrega de agua.	2
Dimensionar almacenamientos / reservorio.	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicar en el plano en planta, en la línea de transporte los reservorios. • Hacer croquis para cada almacenamiento (o plano adicional) con dimensiones en hoja aparte A4. • Indica los niveles mínimo y máximo de funcionamiento. 	El dimensionamiento del volumen es razonable, pero no está debidamente justificado.	3
Verificación de abastecimiento: volúmenes y presiones.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica que el dimensionamiento final resuelve el problema complejo. • Justificar los parámetros adoptados. • Registra en las memorias de cálculo los parámetros finales. 	No hay verificación del sistema, no se puede validar la mayoría de cálculos empleados.	1
Presentación general / plano a escala/ memorias/anexos.	<ul style="list-style-type: none"> • Plano en planta. • Perfil longitudinal. • Plano de detalles. • Memorias/anexos. 	La memoria descriptiva está prácticamente vacía, no hay plano de detalles.	2

Tabla F6

Aplicaciones de la rúbrica para la evaluación del Producto 2 del Grupo A

Rúbrica GRUPO A			
Producto 2: Resolución del problema complejo			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Croquis a escala de captación y diseño de bifurcaciones.	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionar en plano A4 adicional al entregado. Incluir las líneas de bombeo, de ser el caso, mostrando en planta todo el desarrollo. Muestra detalles de la captación en planta y perfil. Acotar los valores significativos 	<p>No calcularon adecuadamente el caudal después de la primera derivación implementada. Asumieron que la red domiciliaria conservaba el caudal original de 100 lps para la segunda derivación.</p> <p>El plano de captación presenta un tipo de letra que no se usa en ingeniería civil porque no es legible.</p> <p>No especifica qué vista es frontal y cuál es de perfil o planta.</p>	2.0
Perfil de líneas de transporte con detalles de cobertura/ sujeción.	<ul style="list-style-type: none"> Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo de la línea de abastecimiento, muestra los detalles de cobertura y sujeción. Indica la línea de energía. Indica los diámetros por tramos. Especifica los materiales en los planos. 	<p>El perfil longitudinal no tomaba en cuenta la válvula para cerrar el flujo en la derivación.</p> <p>Plano sin sistema de unidades.</p>	3.0
Dimensionar almacenamientos / reservorio.	<ul style="list-style-type: none"> Ubicar en el plano en planta, en la línea de transporte los reservorios. Hacer croquis para cada almacenamiento (o plano adicional) con dimensiones en hoja aparte A4. Indica los niveles mínimo y máximo de funcionamiento. 	<p>No indican cómo funcionarán los dos tanques en la azotea, ni el nivel de piso terminado.</p> <p>No sabían para qué se aplica el pozo de succión en la cisterna.</p>	3.0
Verificación de abastecimiento: volúmenes y presiones.	<ul style="list-style-type: none"> Verifica que el dimensionamiento final resuelve el problema complejo. Justificar los parámetros adoptados. Registra en las memorias de cálculo los parámetros finales. 	<p>Asumieron 4 dormitorios por departamento. Sin embargo, la naturaleza del problema corresponde a viviendas económicas.</p>	3.5
Presentación general / plano a escala/ memorias/anexos.	<ol style="list-style-type: none"> Plano en planta Perfil longitudinal Plano de detalles Memorias/anexos 	<p>Planos con algunos símbolos que no fueron aplicados, tamaños de letra incorrectos, y errores menores.</p>	3

Tabla F7

Aplicaciones de la rúbrica para la evaluación del Producto 2 del Grupo B

Rúbrica GRUPO B			
Producto 2: Resolución del problema complejo			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Croquis a escala de captación y diseño de bifurcaciones.	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionar en plano A4 adicional al entregado. Incluir las líneas de bombeo, de ser el caso, mostrando en planta todo el desarrollo. Muestra detalles de la captación en planta y perfil. Acotar los valores significativos. 	Plano bien desarrollado. Consideraron válvula para captación en la vista en planta, pero no en el plano de detalle.	3.5
Perfil de líneas de transporte con detalles de cobertura/ sujeción.	<ul style="list-style-type: none"> Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo de la línea de abastecimiento, muestra los detalles de cobertura y sujeción. Indica la línea de energía. Indica los diámetros por tramos. Especifica los materiales en los planos. 	El perfil longitudinal no tomaba en cuenta la válvula para cerrar el flujo en la derivación.	3.5
Dimensionar almacenamientos / reservorio.	<ul style="list-style-type: none"> Ubicar en el plano en planta, en la línea de transporte los reservorios. Hacer croquis para cada almacenamiento (o plano adicional) con dimensiones en hoja aparte A4. Indica los niveles mínimo y máximo de funcionamiento. 	Para el sistema de bombeo sobredimensionaron la bomba. El resto se hizo correctamente. Error de escala en el plano de tanque elevado.	3.0
Verificación de abastecimiento: volúmenes y presiones.	<ul style="list-style-type: none"> Verifica que el dimensionamiento final resuelve el problema complejo. Justificar los parámetros adoptados. Registra en las memorias de cálculo los parámetros finales. 	Asumieron 4 dormitorios por departamento. Sin embargo, la naturaleza del problema corresponde a viviendas económicas.	3.0
Presentación general / plano a escala/ memorias/anexos.	<ol style="list-style-type: none"> Plano en planta Perfil longitudinal Plano de detalles Memorias/anexos 	No plotearon ningún plano. Todo lo entregaron en DWG.	2

Tabla F8

Aplicaciones de la rúbrica para la evaluación del Producto 2 del Grupo C

Rúbrica GRUPO C			
Producto 2: Resolución del problema complejo			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Croquis a escala de captación y diseño de bifurcaciones.	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionar en plano A4 adicional al entregado. Incluir las líneas de bombeo, de ser el caso, mostrando en planta todo el desarrollo. Muestra detalles de la captación en planta y perfil. Acotar los valores significativos 	<p>Plano bien desarrollado.</p> <p>No consideraron válvula para captación.</p>	3.0
Perfil de líneas de transporte con detalles de cobertura/ sujeción	<ul style="list-style-type: none"> Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo de la línea de abastecimiento, muestra los detalles de cobertura y sujeción. Indica la línea de energía. Indica los diámetros por tramos. Especifica los materiales en los planos. 	<p>El perfil longitudinal no tomaba en cuenta la válvula para cerrar el flujo en la derivación.</p> <p>Líneas de energía incompletas, faltan pérdidas por accesorios.</p>	3.0
Dimensionar almacenamientos / reservorio.	<ul style="list-style-type: none"> Ubicar en el plano en planta, en la línea de transporte los reservorios. Hacer croquis para cada almacenamiento (o plano adicional) con dimensiones en hoja aparte A4. Indica los niveles mínimo y máximo de funcionamiento. 	Sistema de bombeo y almacenamiento bien desarrollado.	4
Verificación de abastecimiento: volúmenes y presiones.	<ul style="list-style-type: none"> Verifica que el dimensionamiento final resuelve el problema complejo. Justificar los parámetros adoptados. Registra en las memorias de cálculo los parámetros finales. 	<p>Asumieron 4 dormitorios por departamento.</p> <p>Sin embargo, la naturaleza del problema corresponde a viviendas económicas.</p>	3.5
Presentación general / plano a escala/ memorias/anexos.	<ol style="list-style-type: none"> Plano en planta Perfil longitudinal Plano de detalles Memorias/anexos 	<p>Planos con errores. No se plotearon correctamente.</p> <p>En el plano de perfil todo se ve muy desordenado y es un poco complicado entender qué representa cada figura.</p>	3

Tabla F9

Aplicaciones de la rúbrica para la evaluación del Producto 2 del Grupo D

Rúbrica GRUPO D			
Producto 2: Resolución del problema complejo			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Croquis a escala de captación y diseño de bifurcaciones.	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionar en plano A4 adicional al entregado. Incluir las líneas de bombeo, de ser el caso, mostrando en planta todo el desarrollo. Muestra detalles de la captación en planta y perfil. Acotar los valores significativos. 	<p>Plano bien desarrollado.</p> <p>No consideraron válvula para captación.</p> <p>Emplearon válvulas de aire.</p>	3.5
Perfil de líneas de transporte con detalles de cobertura/ sujeción.	<ul style="list-style-type: none"> Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo de la línea de abastecimiento, muestra los detalles de cobertura y sujeción. Indica la línea de energía. Indica los diámetros por tramos. Especifica los materiales en los planos. 	<p>El perfil longitudinal no tomaba en cuenta la válvula para cerrar el flujo en la derivación.</p> <p>Plano en planta tiene muchas distancias acotadas, lo cual parecería responder a accesorios intermedios, pero las pérdidas por accesorios no se visualizan en más de 1 ocasión en la vista de perfil.</p>	3.0
Dimensionar almacenamientos / reservorio.	<ul style="list-style-type: none"> Ubicar en el plano en planta, en la línea de transporte los reservorios. Hacer croquis para cada almacenamiento (o plano adicional) con dimensiones en hoja aparte A4. Indica los niveles mínimo y máximo de funcionamiento. 	<p>Almacenamiento y sistema de bombeo bien desarrollado.</p> <p>No plotearon correctamente el plano correspondiente.</p> <p>Las líneas tienen mucho grosor y no se logra leer varias dimensiones que presenta el plano.</p>	3.5
Verificación de abastecimiento: volúmenes y presiones.	<ul style="list-style-type: none"> Verifica que el dimensionamiento final resuelve el problema complejo. Justificar los parámetros adoptados. Registra en las memorias de cálculo los parámetros finales. 	<p>El tanque elevado se en cuenta al ras del nivel de piso terminado, por lo que la ducha del primer piso no tendrá la presión de servicio mínima de 3 mca.</p> <p>Asumieron 4 dormitorios por departamento. Sin embargo, la naturaleza del problema corresponde a viviendas económicas.</p>	3
Presentación general / plano a escala/ memorias/anexos.	<ol style="list-style-type: none"> Plano en planta Perfil longitudinal Plano de detalles Memorias/anexos 	<p>Planos con errores de presentación y ploteo.</p>	3