



LAB A DOMICILIO: ADAPTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYOS EN MATERIALES A MODALIDAD REMOTA

Kimie Suzuki, Universidad de Chile, ksuzuki@uchile.cl

Felipe Cuevas, Universidad de Chile, f.cuevas.r@ug.uchile.cl

Jean Pinaud, Universidad de Chile, jean.pinaud@ug.uchile.cl

Ricardo Mancilla, Universidad de Chile, rmancillagaray@uchile.cl

Nicolás Bravo, Universidad de Chile, nicolas.bravo@uchile.cl

Juan Solís, Universidad de Chile, juasolis@uchile.cl

RESUMEN

Las condiciones en que se desarrolla la enseñanza universitaria han cambiado significativamente debido a la pandemia, y estos cambios van más allá de haber cambiado las salas de clase por la pantalla de un computador. Los estudiantes se han visto limitados de utilizar las instalaciones de las universidades, las cuales cuentan con equipos especializados para realizar ensayos de laboratorio, y también se han visto limitados de interactuar con sus pares en ambientes de aprendizaje. El siguiente artículo presenta una experiencia de laboratorio implementada en el curso de pregrado Mecánica de Rocas I, el cual combina contenidos de mecánica de materiales y mecánica de rocas, y en el cual se espera que los estudiantes sean capaces de explicar las etapas de un procedimiento de laboratorio. El cambio implementado en el curso consistió en que se fabricaron cuatro equipos de laboratorio adaptados para que los estudiantes los pudieran utilizar en sus casas como parte de un trabajo en grupo. Al finalizar el curso, los estudiantes presentaron sus resultados. Esta adaptación práctica del trabajo de laboratorio fue valorada por los estudiantes como positiva, alrededor del 90% indicó que esta modalidad les sirvió para practicar y adquirir las habilidades y competencias que se desarrollan en el curso. También se debe destacar que se identificaron puntos de mejoras correctivas para el próximo semestre.

PALABRAS CLAVES: Educación Remota, Kits de Laboratorio, Ensayos en Materiales

INTRODUCCIÓN

La enseñanza remota de emergencia que se desarrolla hoy en día debido a la pandemia por COVID-19 está forzando sin duda profundos cambios en la forma de enseñar ingeniería en todas las universidades del mundo. Es importante hacer la distinción entre lo que está ocurriendo hoy en día en este contexto de pandemia con lo que se venía desarrollando hace muchos años como enseñanza online. Este último formato se caracteriza por ser muy estructurado y depender en gran parte del trabajo independiente que desarrolla cada estudiante a su propio ritmo. Sin embargo, nuestros estudiantes no optaron por este tipo de enseñanza remota al entrar a la Universidad, y tampoco nosotros estábamos preparados para compartir conocimientos a través de una pantalla sin el apoyo de todos los recursos disponibles en las universidades. Por otra parte, al no existir una previa preparación a lo online, lo práctico se ve impactado directamente debido a que no es posible acceder fácilmente a los recursos dentro de un campus, como lo son los laboratorios, posiblemente generando brechas a futuro entre estudiantes que pudieron asistir a ellos, en contraposición de los que se encuentran sin poder concurrir a estos, lo que podría impactar incluso en lo laboral (Daniel, 2020). Otro factor que se pierde al no llevar a cabo los laboratorios es la interacción estudiante-estudiante. Según Gamage (2020), “los laboratorios contribuyen sustancialmente al desarrollo social de científicos e ingenieros, donde las relaciones exógenas formadas con otros enseñan habilidades de vida requeridas para la comunicación y el trabajo en equipo”.



Se puede decir que los laboratorios impactan no solo en lo práctico, sino en lo social que conlleva el mundo laboral, dado que integra elementos vinculantes con el medio. Es por ello que se hace necesario buscar métodos para acercar tales espacios a los y las estudiantes. Intentos por acercarlos ya han sido puestos en práctica con motivo de la pandemia, enfocados en distintas disciplinas de las ciencias (García-Vela et. Al, 2020; Gamage et. Al, 2020).

El siguiente artículo comparte la experiencia del curso de pregrado Mecánica de Rocas I, impartido en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile en tercer año para la carrera de Ingeniería de Minas, durante el semestre de otoño 2021. Este curso tiene dos particularidades que facilitaron la implementación de cambios durante el semestre indicado; la primera es que el curso es nuevo en la malla curricular de la carrera de Ingeniería de Minas, y reemplaza al antiguo curso de Resistencia de Materiales, anteriormente impartido por la carrera de Ingeniería Mecánica para estudiantes de Ingeniería de Minas. Antes de impartir este curso por primera vez se hicieron tres cursos pilotos del curso de Resistencia de Materiales que sirvieron para generar una adecuada transición. La otra particularidad de este curso es que el número de estudiantes varía significativamente semestre a semestre. En otoño 2020, el curso tuvo 2 estudiantes, en primavera 10, y el semestre otoño 2021 tuvo 21. Esto ha permitido implementar pequeños cambios gradualmente, los cuales se han ido validando a partir de los comentarios recogidos por los estudiantes.

La primera versión en que empezaron a incorporarse cambios en el curso fue en formato presencial en primavera 2019, y en, se incluyeron dos experiencias de laboratorio; una en el Laboratorio de Ensayos Mecánicos del Departamento de Ingeniería Mecánica y otro en el de Mecánica de Rocas del Departamento de Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile, con el objetivo de que los y las estudiantes conocieran los procedimientos de laboratorio para ensayar muestras de distintos materiales ingenieriles y rocas. Es importante destacar que ambas experiencias fueron apoyadas por técnicos de laboratorio, por lo que los estudiantes sólo debían observar y recopilar la información que fuese relevante para realizar un informe de laboratorio. Al año siguiente, ya siendo imposible volver a los laboratorios, se optó por entregar datos a los estudiantes y fotografías del laboratorio. Sin embargo, en ninguno de los dos siguientes semestres se logró cumplir completamente el objetivo de este trabajo.

Una de las principales desventajas que los estudiantes encontraron al trabajar con datos de un procedimiento que ellos no presenciaron fue que algunos de ellos concluyeron, por ejemplo, que “se pudo deber a errores experimentales del tipo: que la máquina no estuviera bien seteada o que las probetas no quedaron bien sujetas a las mordazas” o “dentro de los posibles errores está ... [la] calibración del equipo y error típico en la toma de datos (inevitable)”. Incluso, algunos estudiantes indicaban que ellos podrían haber hecho mejor el ensayo si hubieran estado a cargo. Si bien estos errores existen, se esperaba que los estudiantes enfocaran la discusión sobre la variabilidad dada por la composición de los distintos materiales. Además, durante el curso se recalcó en varias ocasiones que los ensayos se hacen con equipos sofisticados y a cargo de técnicos que llevan años trabajando en los respectivos laboratorios. Lamentablemente, al entregar instrucciones escritas o en clases, no es posible transmitir la experiencia de quien hace los ensayos como sí ocurría en formato presencial.

Considerando los problemas detectados en los aprendizajes de los estudiantes mencionados anteriormente, el año 2021 se implementó un cambio en la metodología del curso. Durante este semestre se optó por eliminar todas las clases auxiliares en donde se resolvían ejercicios y se implementó el desarrollo de un proyecto experimental. Para medir su impacto se desarrolló y

aplicó una encuesta a fin de semestre para evaluar si la metodología sirvió a los estudiantes para entender y aplicar los contenidos y habilidades propias del curso en formato remoto, además de conocer su satisfacción con las distintas actividades, los recursos docentes del curso y su propio aprendizaje. A continuación, se presentan más detalles del proyecto desarrollado.

DESARROLLO

Uno de los resultados del aprendizaje del curso es que el estudiante que aprueba debe ser capaz de explicar, a partir de la observación de ensayos mecánicos, las etapas de un procedimiento de laboratorio. Para esto, es importante seguir un procedimiento estandarizado, de modo que los resultados sean comparables entre distintos laboratorios. Usualmente, se usan las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y/o la International Society for Rock Mechanics (ISRM). Lamentablemente, durante el semestre de otoño 2021, las condiciones sanitarias no permitieron actividades presenciales. Una de las desventajas de este tipo de curso es que los equipamientos utilizados son costosos y tampoco pueden moverse al aire libre, por temas de aforo, para hacer una demostración y luego devolverlos al laboratorio donde corresponden. Sólo como dato, en el Laboratorio de Mecánica de Rocas, se requirió de varias personas para instalar uno de los equipos, e incluso se requirió hacer una fundación para soportar su peso.

La figura N° 1(a) presenta el equipamiento disponible en el Laboratorio de Ensayos Mecánicos del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile que estaba considerado en la planificación original del curso. Este equipo utilizado para los ensayos de tracción tiene 1,8 m de alto, 1,2 m de ancho y 0,6 m de profundidad, y puede aplicar fuerzas de hasta 100 kN. Las figuras N° 1 (b) y (c) presentan un acero ensayado con dicho equipo. Como una alternativa al uso de este equipo, se diseñó y fabricó un equipo que permite seguir el procedimiento de laboratorio con fines educacionales pero que tiene dimensiones mucho más prácticas para ser transportado, 0,6 m de alto, 0,2 m de ancho y 0,2 m de profundidad. Por lo anterior, este equipo no sigue totalmente los estándares ASTM para realizar ensayos de tracción ni tampoco es capaz de aplicar grandes fuerzas, solo puede aplicar hasta 30 kg, es decir unos 300 N de fuerza (Cuevas, 2021).

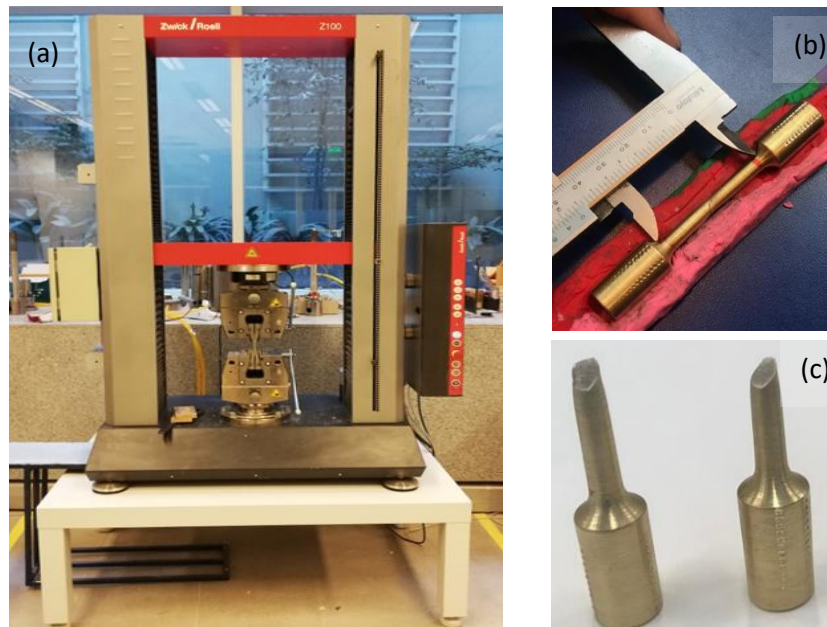


Figura N° 1. Equipamiento y muestras ensayadas en formato presencial del curso

El cambio implementado en el curso consistió en que se fabricaron equipos de laboratorio adaptados para que los estudiantes los pudieran utilizar en sus casas. Para esto se dividió el curso en siete grupos de trabajo, cuatro de ellos recibieron un kit de laboratorio y tres de ellos investigaron sobre cuáles debían ser los resultados esperados. Al finalizar el curso, los estudiantes presentaron sus resultados en formato poster, y tuvieron que compartir sus resultados con todo el curso para que pudieran detectar diferencias en los resultados.

La figura N° 2 presenta uno de los Kit de Laboratorio diseñado y fabricado para el curso. En total se fabricaron cuatro, y estos fueron enviados al domicilio de los estudiantes encargados por cada grupo. En (a) se presentan los componentes principales del equipo, en (b) herramientas y elementos necesarios para realizar un ensayo, y en (c) muestras de los materiales ensayados: polipropileno, caucho butilo y cobre. A los estudiantes también se les entregó una guía de uso que incluye toda la información de seguridad necesaria para manipular el equipo. Cabe destacar que se optó por ensayar materiales de uso común que tuvieran un comportamiento que pudiese ser medido por el equipo. Materiales como aceros o rocas requieren de instrumentos con mucha precisión y además de equipos que sean capaces de aplicar fuerzas mucho mayores. Cada grupo recibió exactamente los mismos elementos, incluidas cuatro muestras de cada material.



Figura N° 2. Kit de Laboratorio utilizado por los estudiantes en formato online del curso



Tal como se indicó, los estudiantes desarrollaron este proyecto en grupo. Con tal de que todos pudieran verse beneficiados, se organizó una clase en la cual un estudiante hizo ensayos con los tres materiales en forma guiada. Además, se les indicó a los estudiantes que debían tomar roles en sus grupos, por lo que quien tenía el equipo y hacía los ensayos, no debía analizar los resultados ni presentarlos.

RESULTADOS

La implementación de este proyecto fue planificada con anticipación, se contó con el apoyo de todo el equipo docente al curso y también se contó con el apoyo del Área para el Aprendizaje de Ingeniería y Ciencias (A2IC) de la FCFM para su financiamiento, implementación y evaluación. Sin embargo, es importante indicar que existieron problemas en su desarrollo debido a la pandemia. En un comienzo, se consideró enviar a fabricar los equipos a alguna maestranza en un cierto periodo de tiempo tal que los estudiantes hubieran terminado el proyecto a mediados del semestre. Lamentablemente, al inicio del semestre muchas comunas de la Región Metropolitana pasaron a cuarentena, lo que dificultó la búsqueda de alguna empresa que pudiera cumplir con el tiempo que se había considerado inicialmente. Por esta razón, los estudiantes presentaron su proyecto al finalizar el semestre, lo que generó problemas con otras entregas previamente planificadas del mismo curso. Vale la pena mencionar que en un momento se evaluó la opción de no seguir adelante con el proyecto, lo que finalmente se descartó debido a que la empresa que fabricó los equipos pudo entregarlos en una fecha tal que se pudo terminar el proyecto antes que terminara el semestre.

El impacto de la realización del proyecto se determinó en dos instancias. La primera fue la presentación final de los trabajos y la segunda en una encuesta realizada al finalizar el curso, la cual fue respondida por todos los estudiantes.

En las presentaciones finales del curso, se generó una discusión respecto al procedimiento de laboratorio y también respecto al procesamiento de datos. Se destacó la colaboración entre los distintos grupos, quienes compartieron entre ellos posibles interpretaciones de los resultados. Todos los grupos cumplieron con los indicadores de logro asociados a los resultados de aprendizaje. Además, todos los grupos fueron capaces de identificar las principales diferencias entre los distintos tipos de materiales estudiados.

Por otro lado, también se envió una encuesta a fin de semestre, la cual fue contestada por 21 estudiantes. La Figura N° 3 presenta los resultados sobre la percepción de los alumnos respecto al proyecto. Desde ahí se extrae que el 81% de los estudiantes del curso consideran que la metodología implementada les sirvió para integrar y entender los contenidos del curso. Por otra parte, alrededor del 90% consideró que esta modalidad les sirvió para practicar y adquirir las habilidades y competencias que se desarrollan en el curso. Esto denota una buena evaluación en términos de cumplir con los objetivos del curso. En particular, solo un estudiante manifestó estar en desacuerdo respecto a la metodología, coincidiendo también con la única respuesta negativa recibida en las preguntas abiertas hechas en la encuesta.

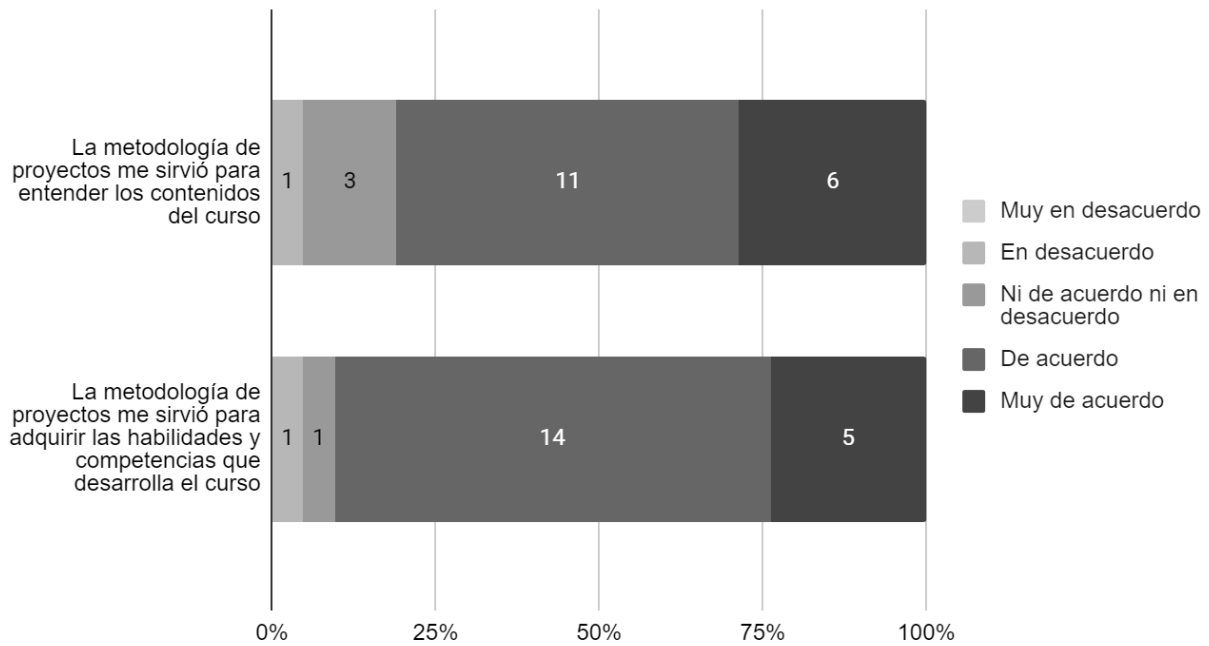


Figura N° 3. Percepción de los alumnos respecto a la utilidad de la metodología

Otro aspecto consultado fue respecto al trabajo en grupo. Uno de los problemas encontrados a lo largo del curso fue que los estudiantes en general manifestaron tener una alta carga académica al considerar todos los cursos que tenían. A esto, se debe también agregar que los estudiantes de este curso vienen del Plan Común de Ingeniería, contrario a lo que ocurría en semestres anteriores en donde este ramo estaba un semestre más adelante en la malla. El principal problema de lo anterior es que los estudiantes no estaban acostumbrados a tener metodologías distintas de evaluación, por lo que fue un desafío para ellos planificarse. En una de las preguntas abiertas, uno de los estudiantes manifestó: “el tener que organizarse con los compañeros y realizar el trabajo/tarea siempre demandaba harto tiempo”. A pesar de esto, tal como se puede observar en la Figura N° 4, los estudiantes en general manifestaron haber logrado repartir el trabajo de manera equitativa.

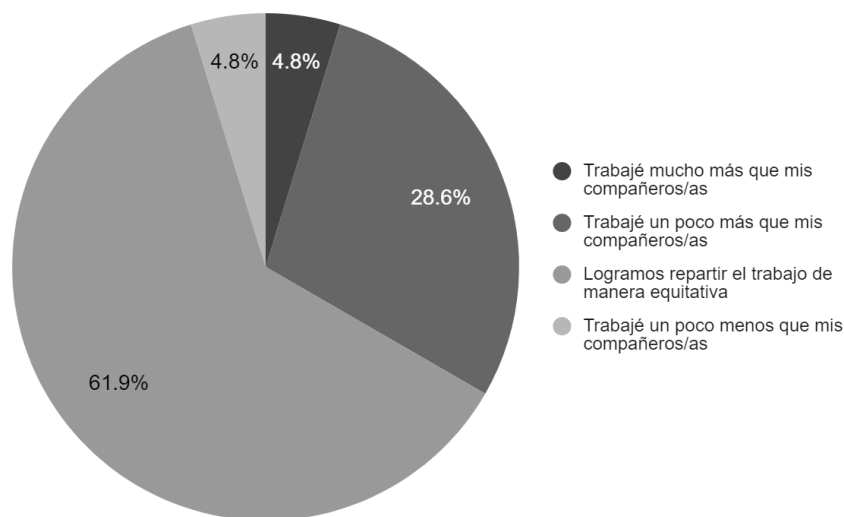


Figura N° 4. Percepción de los alumnos respecto al trabajo en grupo



Para tener un mejor entendimiento de qué recursos docentes y actividades implementadas durante el semestre dieron resultado y/o fueron de utilidad para los estudiantes del curso, se les preguntó directamente por cada una de ellas. En la Figura N°5, se aprecia que la mayoría de éstos fueron muy bien evaluados, destacando la guía de uso del equipo para llevar a cabo los experimentos, las clases de cátedra sincrónicas, los videos de explicación del laboratorio y las lecturas complementarias. Si bien los kits para realizar los experimentos no están en los primeros lugares a nivel comparativo, se puede ver que su resultado fue muy positivo, pues un 76% lo consideró útil o muy útil. El único punto bajo que podría considerarse es el caso de las clases auxiliares, para las cuales se tomarán medidas correctivas para una próxima realización del curso.

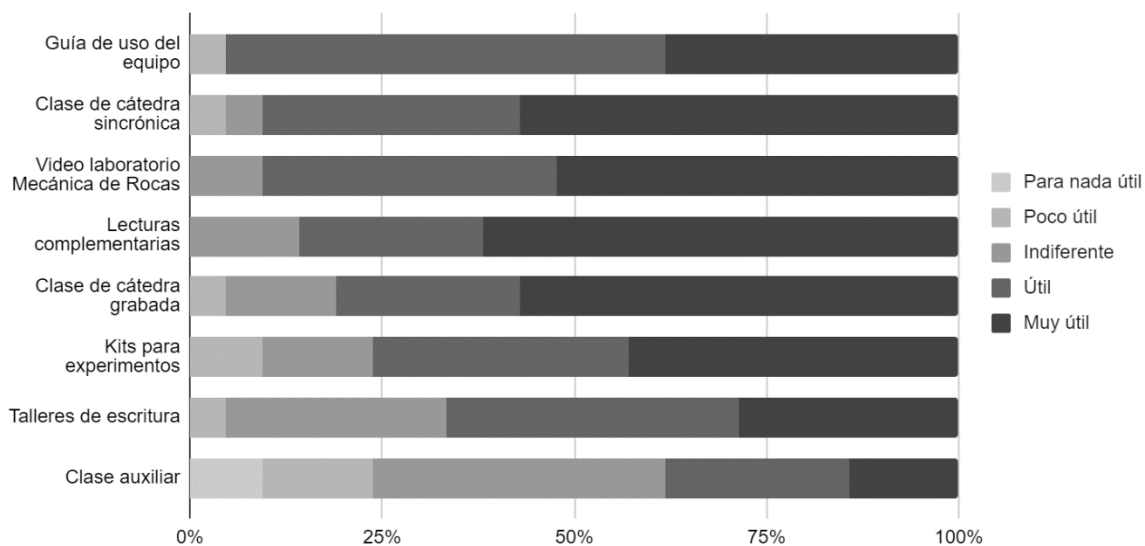


Figura N° 5. Nivel de utilidad de recursos docentes y actividades según estudiantes

Finalmente, se puede notar que las y los estudiantes quedaron mayoritariamente conformes con su aprendizaje, rondando el 95% de satisfacción (ver Figura N°6). También se pueden destacar algunos comentarios positivos entregados por los estudiantes en las preguntas abiertas. Respecto al cambio de estructura, uno de los estudiantes indicó que “Me gustó la línea en que se quiere innovar en el curso, es decir, en tratar de aplicar los conocimientos en vez de llegar y aplicar fórmulas porque sí nomás...”. Otros estudiantes también valoran las presentaciones, comentando por ejemplo que “...me gustó bastante que se hayan tenido varias presentaciones, ya que es algo que se practica poco y es bastante importante tener esas habilidades en el mundo laboral :)”. Y por su parte las actividades orientadas a trabajar en equipo también fueron bien evaluadas, un estudiante lo ejemplifica diciendo que “...de las actividades planificadas, me gustó que estuvieran orientadas a trabajar en grupo porque ayudan a desarrollar habilidades de trabajo que hasta lo que llevamos de formación universitaria (o de Plan Común) no se desarrolla mucho”. Sólo se recibió un comentario negativo de un estudiante, que indica que no le gustó la metodología del curso por considerar distintos tipos de evaluaciones.

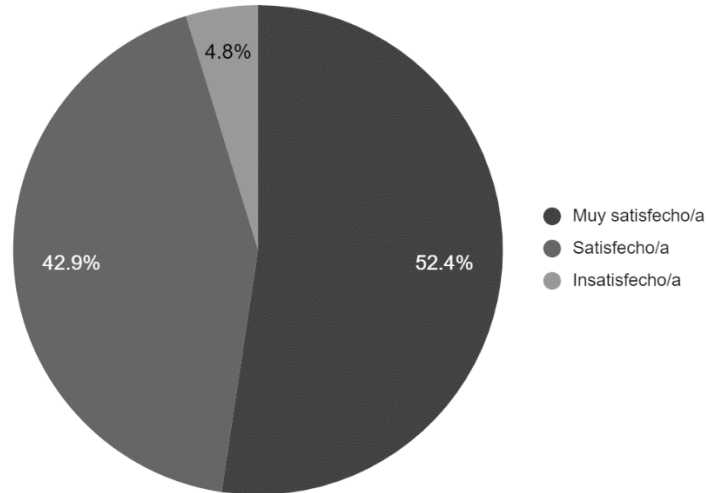


Figura N° 6. Nivel de satisfacción de estudiantes respecto a su aprendizaje en el curso

CONCLUSIONES

La experiencia presentada en este trabajo se considera positiva, a pesar de los problemas encontrados principalmente por la pandemia, pero aún así con varios puntos por mejorar. A modo de resumen, la mayoría de los estudiantes valoró la instancia práctica y por sobre todo porque fue distinta a los cursos teóricos que habían visto anteriormente. Sin embargo, también se observó que los estudiantes en general muestran un cierto nivel de cansancio del formato en el que están tomando las clases en estos tiempos cambiantes de enseñanza remota de emergencia, principalmente por los altos tiempos que deben pasar tras las pantallas. Tal como se mencionó al comienzo de este artículo, no fue su propósito estudiar de esta manera cuando entraron a la Universidad. Por esta misma razón, es recomendable buscar alternativas que les permitan aprender por su cuenta. Sería ideal que tuvieran actividades en que puedan cometer errores, como estos ensayos en los que hicieron fallar muestras de materiales que comúnmente usamos, y menos videos tutoriales en los que se muestran ejemplos perfectos para la docencia, pero poco reales. En versiones pasadas de este curso, los estudiantes trabajaron con datos de laboratorio que no podían cuestionar mucho. Este semestre logramos que se tuvieran dudas sobre si lo que estaban haciendo era correcto o no, que cometieran errores y que resolvieran sus dudas también discutiendo entre ellos. Como equipo docente esperamos que este proyecto tenga un impacto a futuro, cuando los estudiantes se vean enfrentados a datos que fueron obtenidos a partir de ensayos de laboratorio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen principalmente a los estudiantes del curso por haber participado activamente del curso y por haber destacado los aspectos fuertes del proyecto y los aspectos por mejorar para próximos semestres.

REFERENCIAS

Cuevas, F. (2021) Guía de Usuario, DIY Tensile Test v1.0 preparada para el curso de Mecánica de Rocas I, Universidad de Chile.



Daniel, J. (2020) Education and the COVID-19 pandemic. PROSPECTS. Vol. 49, pp. 91–96. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11125-020-09464-3#citeas>

García-Vela, M. & Zambrano, J.L. Falquez, D.A. Pincay-Musso, W. Duque, K.B. Zumba, N.V. Barcia, M.B. Méndez, J.I. Valverde, P.E. Romero-Crespo, P.L. Jordá-Bordehore, L. (2020). Management of Virtual Laboratory Experiments in the Geosciences Field in the Time of COVID-19 Pandemic. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/346524062_Management_of_Virtual_Laboratory_Experiments_in_the_Geosciences_Field_in_the_Time_of_COVID-19_Pandemic

Gamage, K. A. A., Wijesuriya, D. I., Ekanayake, S. Y., Rennie, A. E. W., Lambert, C. G., & Gunawardhana, N. (2020). Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of University Programmes during COVID-19 Pandemic. Education Sciences, 10(10), 291. MDPI AG. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2227-7102/10/10/291>