

Jornadas de Automática

Enseñanza on-line de la ingeniería: el experimento COVID-19

Abreu, D.^{a,*}

^aDpto. de Ingeniería Informática y de Sistemas, Camino San Francisco de Paula, nº 19, Módulo A de la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, 38200, San Cristóbal de La Laguna, S/C de Tenerife, España.

To cite this article: Abreu, D. 2024. Online engineering teaching: the COVID-19 experiment. *Jornadas de Automática*, 45. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2024.45.10890>

Resumen

La enseñanza de la automática se integra en España dentro de los estudios de ingeniería. Esta rama tradicionalmente se ha identificado como una de las más difíciles de trasladar de una modalidad presencial a una on-line debido a la necesidad de laboratorios. La pandemia de COVID-19 obligó a realizar cambios en los modelos de enseñanza, incluyendo una fase completamente on-line y una semi-presencial. Que sirven como experimento para evaluar las capacidades de la enseñanza no presencial de la automática. Observando las tasas de rendimiento y éxito para los niveles de grado y máster se muestra que los resultados para el caso de la ingeniería son diferentes al promedio de todos los estudios. Evidenciando las necesidades específicas de adaptación y esfuerzos que deben llevarse a cabo para una enseñanza on-line efectiva de la ingeniería.

Palabras clave: Enseñanza de la ingeniería de control basada en internet, Clases virtuales, departamentos, laboratorios y escuelas, Perspectivas del aprendizaje on-line frente al aprendizaje tradicional, Laboratorios virtuales y remotos, Enseñanza on-line de la ingeniería de control, Redes de conocimiento.

Online engineering teaching: the COVID-19 experiment

Abstract

Control engineering teaching in Spain is integrated within engineering studies. This branch has traditionally been identified as one of the most difficult to transfer from a face-to-face to an online modality due to the need for laboratories. The COVID-19 pandemic forced changes to teaching models, including a completely online phase and a semi-in-person phase. Which serve as an experiment to evaluate the capabilities of non-face-to-face teaching of automation. Observing the performance and success rates for the bachelor's and master's levels shows that the results in the case of engineering are different from the average of all studies. Demonstrating the specific adaptation needs and efforts that must be carried out for effective on-line teaching of the engineering studies.

Keywords: Internet based teaching of control engineering, Virtual classes, departments, laboratories and schools, Perspectives of e-learning versus traditional learning, Virtual and remote labs, E-learning in control engineering, Knowledge networks.

1. Introducción

Según la clasificación de las estadísticas universitarias del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España¹, la enseñanza de la automática se corresponde al campo de estudio de *Ingeniería electrónica industrial y automática (código 071404)*. Del ámbito de estudio de

las *Ingenierías*, dentro de la rama de enseñanza de la *Ingeniería y Arquitectura*. En este ámbito se integraría el *Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática*, donde se encontraría el mayor contenido de automática. Aunque también otros grados como sería el caso del *Grado en Tecnologías Marinas* o el *Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*.

Para el caso de titulaciones de máster, el rango es más am-

*Autor para correspondencia: dabreuro@ull.edu.es

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

¹https://www.universidades.gob.es/wp-content/uploads/2023/03/Tit_rama_ISCED13_ambito_campo_2022.xlsx

plio. Más cercanos a la automática estarían por ejemplo el *Máster Universitario en Automática y Robótica* o el *Máster Universitario en Ingeniería Industrial*. Aunque también otros como el denominado *Máster Universitario en Transformación Digital de Empresas* o el *Máster Universitario en Enología y su Adaptación al Cambio Climático*.

De forma general, por tanto, hablar de educación en automática sería hablar de educación en ingeniería. La educación en ingeniería está basada en una gran parte en materias de ciencias y matemáticas. Las cuales han sido, tradicionalmente, las más difíciles de enseñar de forma no presencial debido a la necesidad de laboratorios y la manipulación de ecuaciones (Bourne et al., 2005). En este trabajo se pretende evaluar la adaptación a *on-line* de la enseñanza llevada a cabo debido a las restricciones del COVID-19, comparando los estudios de ingeniería con el resto de enseñanzas universitarias.

Desde un primer momento, se observó que el confinamiento y consiguiente paso a enseñanza no presencial presentaba desventajas como un mayor número de distracciones o estudiantes menos comprometidos con los estudios (Xie et al., 2020). En concreto, para el caso de la ingeniería, las primeras impresiones de profesorado y estudiantes universitarios con el paso a *on-line* incidían en la llamada *fatiga Zoom* (alumnado) o el miedo a las copias (profesorado) (Asgari et al., 2021).

En los distintos ámbitos se realizaron adaptaciones a la no presencialidad con diferentes limitaciones. Khan y colaboradores (Khan and Abid, 2021) encontraron que para aplicar aprendizaje a distancia a la ingeniería, las limitaciones estaban, sobre todo, relacionadas con las aulas y laboratorios virtuales: Los requerimientos de *hardware*, limitaciones de *software* y la disponibilidad de conexión a internet de banda ancha. Además de las barreras de aprendizaje para el profesorado: Los mecanismos de control de asistencia y de evaluación. Por otro lado, los factores socio económicos también fueron condicionantes en el nivel de adaptación de los estudiantes de ingeniería a la educación a distancia (Shekh-Abed and Barakat, 2022).

Estos factores llevaron a que durante el confinamiento muy pocas prácticas de laboratorio fueran adaptadas a la modalidad *on-line* (en algunos casos solo el 2%), por lo que se propone el uso de los *Gemelos digitales* (Rassudov and Korunets, 2020). Aunque en fases posteriores sí se realizaron mejores adaptaciones como la preparación de kits para llevar a casa y murales de interacción para seguir el progreso (de Moura Oliveira and Soares, 2021). Con retroalimentación positiva de los estudiantes, motivando la futura implantación de ambas experiencias. O el uso de animaciones en clases de ingeniería de control (Patete and Marquez, 2022). Donde en algunas asignaturas se aprecia una subida en el promedio de las calificaciones. Y también con la implementación de laboratorios virtuales que han facilitado la enseñanza de la ingeniería mecánica durante el confinamiento (Kapilan et al., 2021), con percepción positiva de la mejora en el aprendizaje.

Aunque, a pesar de apreciaciones iniciales positivas, hay autores que siguen considerando que el aprendizaje *on-line* de la ingeniería se hace más difícil sin poder poner las manos en los experimentos (Park et al., 2020).

2. Metodología

Para poder evaluar las posibilidades de la enseñanza a distancia de la ingeniería, se analizaron los resultados obtenidos por los estudiantes de Grado y Máster en las Universidades españolas. Tomando como referencia los periodos de confinamiento que tuvieron lugar durante la segunda mitad del curso 2019/2020 y la modalidad semi-presencial (clases teóricas online y prácticas en grupos presenciales reducidos y alternos) durante el curso 2020/2021. Estableciendo cuatro momentos diferenciados:

- Antes del COVID-19
- Confinamiento (formación on-line)
- Semi-presencial
- Después del COVID-19

Se observaron los indicadores *Tasa de éxito* (1) y *Tasa de rendimiento* (2)².

$$\text{Tasa de éxito} = \frac{\text{Créditos superados}}{\text{Créditos presentados}} * 100 \quad (1)$$

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{\text{Créditos superados}}{\text{Créditos matriculados}} * 100 \quad (2)$$

Estos indicadores se publican desde el curso 2015/2016 para el conjunto de titulaciones de grado (Anon, 2022a) y de máster (Anon, 2022b) por el Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes (antiguamente, Ministerio de Universidades).

3. Resultados y discusión

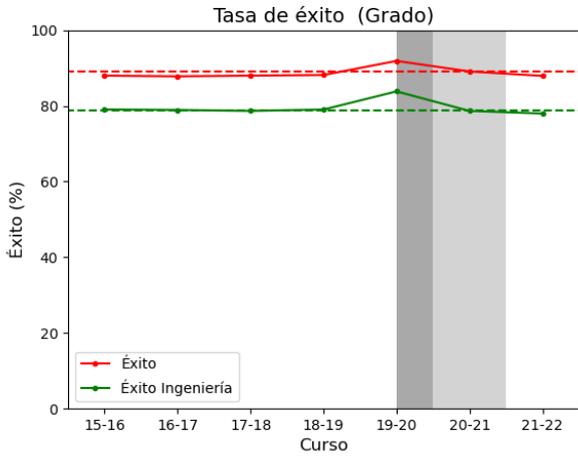
3.1. Estudios de Grado

Para el caso de los estudios de grado, se presenta la tasa de éxito en la Figura 1 y la tasa de rendimiento en la Figura 2. Mostrando en el panel izquierdo el rango de 0 a 100% y solamente el rango donde existen datos en el panel derecho.

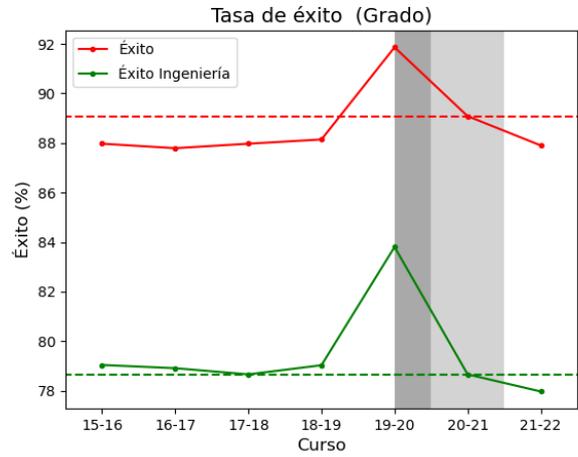
En trazo continuo de color rojo se muestra el promedio de todos los grados y en verde el de ingeniería. En línea discontinua el valor para la fase *Semi-presencial*, marcada por la banda vertical gris claro. Y señalando la fase de confinamiento en banda vertical gris oscuro.

Se puede observar que la evolución de la tasa de éxito y de rendimiento son similares. Aunque con comportamientos diferentes en cuanto al promedio de todos los grados y el caso específico de la ingeniería. Antes del COVID-19, había pequeñas diferencias entre ambos. Pero durante el confinamiento hubo un incremento significativo. Sin embargo, durante la fase semi-presencial, se puede observar que para el promedio de todos los grados las tasas fueron superiores a las de antes del COVID-19. Y al contrario para el caso de la ingeniería, mostrando valores inferiores. En ambos casos con una tendencia a la baja en la fase posterior al COVID-19, aunque serían necesarios datos de siguientes cursos para confirmarla.

²https://www.universidades.gob.es/wp-content/uploads/2023/08/Metodologia_IRA.pdf

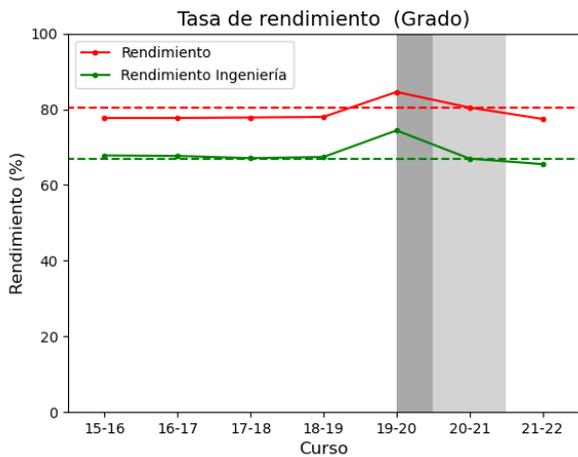


(a) Rango de 0 a 100 %

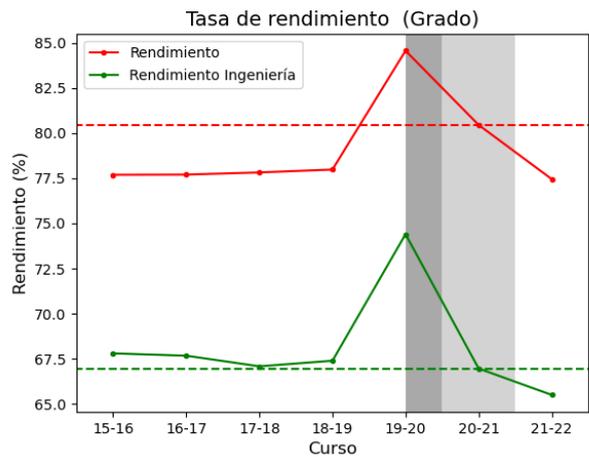


(b) Rango de datos

Figura 1: Tasa de éxito del grado. En trazo continuo de color rojo se muestra el promedio de todos los grados y en verde el de ingeniería. En línea discontinua el valor para la fase *Semi-presencial* (banda vertical gris claro). Señalando la fase de confinamiento en banda vertical gris oscuro.



(a) Rango de 0 a 100 %



(b) Rango de datos

Figura 2: Tasa de rendimiento del grado. En trazo continuo de color rojo se muestra el promedio de todos los grados y en verde el de ingeniería. En línea discontinua el valor para la fase *Semi-presencial* (banda vertical gris claro). Señalando la fase de confinamiento en banda vertical gris oscuro.

El incremento generalizado durante el confinamiento podría estar dominado por distintos factores además del paso a enseñanza *on-line*. Debido, por ejemplo, a que las actividades fuera del lugar de residencia estaban bastante limitadas y había más tiempo disponible para dedicar a los estudios. Pero en la fase semi-presencial, la movilidad y actividad en exteriores estaba permitida, por lo que sería más cercana a un modelo de enseñanza no presencial. En el caso de la ingeniería, se muestra que los indicadores son peores que para el promedio de los otros grados. Evidenciando la importancia de la enseñanza presencial y que sería necesario adaptar mejor los contenidos prácticos a la modalidad *on-line*.

3.2. Estudios de Máster

Para el caso de los estudios de máster, se presentan también la tasa de éxito en la Figura 3 y la tasa de rendimiento en la Figura 4. Donde se muestra en el panel izquierdo el rango de 0 a 100 % y solamente el rango donde existen datos en el panel derecho.

En trazo continuo de color rojo se muestra el promedio de todos los grados y en verde el de ingeniería. En línea discontinua el valor para la fase *Semi-presencial*, marcada por la banda vertical gris claro. Y señalando la fase de confinamiento en banda vertical gris oscuro.

Los indicadores en este caso tienen comportamientos diferentes. La tasa de éxito tiene una evolución similar en las ingenierías con la del promedio de todos los máster. Con una subida en la fase de confinamiento y bajada posterior hasta niveles ligeramente superiores a antes del COVID-19. Sin embargo, la tasa de rendimiento en la fase semi-presencial es inferior a todos los cursos de antes del COVID-19. Lo que indicaría que los alumnos se matricularon de más créditos de los que finalmente se presentaron. Pudiendo ser debido a una sobre estimación de sus capacidades después de haber obtenido resultados por encima del promedio en su curso anterior (en el nivel de grado, en la fase de confinamiento).

4. Conclusiones

La adaptación de la enseñanza a las distintas modalidades debidas a las restricciones impuestas por la pandemia del COVID-19 fueron un reto para todos los ámbitos. En el caso de la ingeniería sirvieron además como laboratorio de pruebas para poder evaluar las capacidades del profesorado y el alumnado de adaptarse a las condiciones *on-line* y a la semi-presencialidad.

A nivel de grado se observa que los indicadores obtenidos para el caso de la ingeniería en la fase semi-presencial son inferiores a los de antes del COVID-19. Comportamiento no observado en el promedio de todos los grados. Evidenciando las dificultades del aprendizaje a distancia con respecto a los laboratorios tradicionales. Para el caso de máster, los indicadores tienen un comportamiento diferente. Mostrando que habría que hacer un análisis más detallado o que la falta de prácticas presenciales no supodría un factor tan crítico como es el caso del grado.

En general, habría que seguir haciendo esfuerzos en las adaptaciones, laboratorios virtuales, prácticas remotas y evaluaciones del alumnado para equiparar los resultados obtenidos por la enseñanza *on-line* a los de la presencial.

Referencias

- Anon, 2022a. Tasa de rendimiento, éxito y evaluación (estudiantes matriculados) por ámbito de estudio y sexo. Estudiantes de Grado. Ministerio de Universidades.
URL: http://data.europa.eu/88u/dataset/http-datos-gob-es-recurso-sector-publico-org-organismo-e05073401-exito_eval_grado_univ
- Anon, 2022b. Tasa de rendimiento, éxito y evaluación (estudiantes matriculados) por ámbito de estudio y sexo. Estudiantes de Máster. Ministerio de Universidades.
URL: http://data.europa.eu/88u/dataset/http-datos-gob-es-recurso-sector-publico-org-organismo-e05073401-exito_eval_master_univ
- Asgari, S., Trajkovic, J., Rahmani, M., Zhang, W., Lo, R. C., Sciortino, A., Apr. 2021. An observational study of engineering online education during the COVID-19 pandemic. PLOS ONE 16 (4), e0250041, publisher: Public Library of Science.
URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0250041>
DOI: 10.1371/journal.pone.0250041
- Bourne, J., Harris, D., Mayadas, F., 2005. Online Engineering Education: Learning Anywhere, Anytime. Journal of Engineering Education 94 (1), 131–146, eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00834.x>.
URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00834.x>
DOI: 10.1002/j.2168-9830.2005.tb00834.x
- de Moura Oliveira, P. B., Soares, F., Jun. 2021. How we Turned Fully Digital due to Covid-19: Two Control Engineering Teaching Experiences. In: 2021 4th International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE), pp. 1–5.
URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9507219>
DOI: 10.1109/CISPEE47794.2021.9507219
- Kapilan, N., Vidhya, P., Gao, X.-Z., Jan. 2021. Virtual Laboratory: A Boon to the Mechanical Engineering Education During Covid-19 Pandemic. Higher Education for the Future 8 (1), 31–46, publisher: SAGE Publications India.
URL: <https://doi.org/10.1177/2347631120970757>
DOI: 10.1177/2347631120970757
- Khan, Z. H., Abid, M. I., Jan. 2021. Distance learning in engineering education: Challenges and opportunities during COVID-19 pandemic crisis in Pakistan. International Journal of Electrical Engineering & Education, 0020720920988493Publisher: SAGE Publications Ltd STM.
URL: <https://doi.org/10.1177/0020720920988493>
DOI: 10.1177/0020720920988493
- Park, J. J., Park, M., Jackson, K., Vanhoy, G., 2020. Remote Engineering Education under COVID-19 Pandemic Environment. International Journal of Multidisciplinary Perspectives in Higher Education 5 (1), 160–166, eRIC Number: EJ1273006.
URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1273006>
- Patete, A., Marquez, R., Apr. 2022. Computer Animation Education Online: A Tool to Teach Control Systems Engineering throughout the COVID-19 Pandemic. Education Sciences 12 (4), 253, number: 4 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
URL: <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/4/253>
DOI: 10.3390/educsci12040253
- Rassudov, L., Korunets, A., Oct. 2020. COVID-19 Pandemic Challenges for Engineering Education. In: 2020 XI International Conference on Electrical Power Drive Systems (ICEPDS), pp. 1–3.
URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9249285/authors#authors>
DOI: 10.1109/ICEPDS47235.2020.9249285
- Shekh-Abad, A., Barakat, N., 2022. Challenges and Opportunities for Higher Engineering Education During the COVID-19 Pandemic. International Journal of Engineering Education 38 (2), 393–407.
URL: https://www.ijee.ie/latestissues/Vol138-2/11_ijee4171.pdf
- Xie, X., Siau, K., Nah, F. F.-H., Jul. 2020. COVID-19 pandemic – online education in the new normal and the next normal. Journal of Information Technology Case and Application Research 22 (3), 175–187, publisher: Routledge eprint: <https://doi.org/10.1080/15228053.2020.1824884>.
URL: <https://doi.org/10.1080/15228053.2020.1824884>
DOI: 10.1080/15228053.2020.1824884

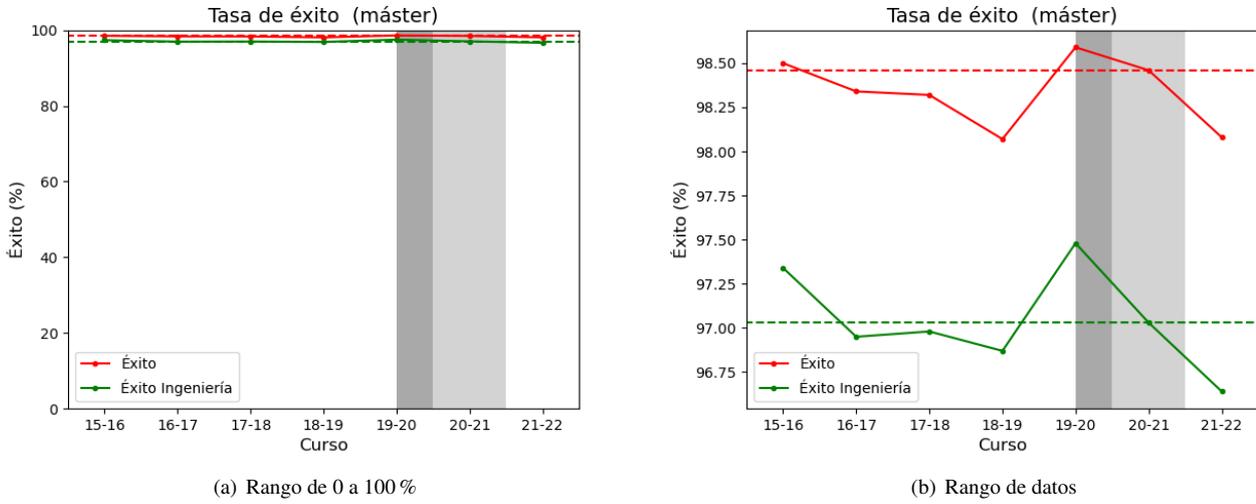


Figura 3: Tasa de éxito de máster. En trazo continuo de color rojo se muestra el promedio de todos los grados y en verde el de ingeniería. En línea discontinua el valor para la fase *Semi-presencial* (banda vertical gris claro). Señalando la fase de confinamiento en banda vertical gris oscuro.

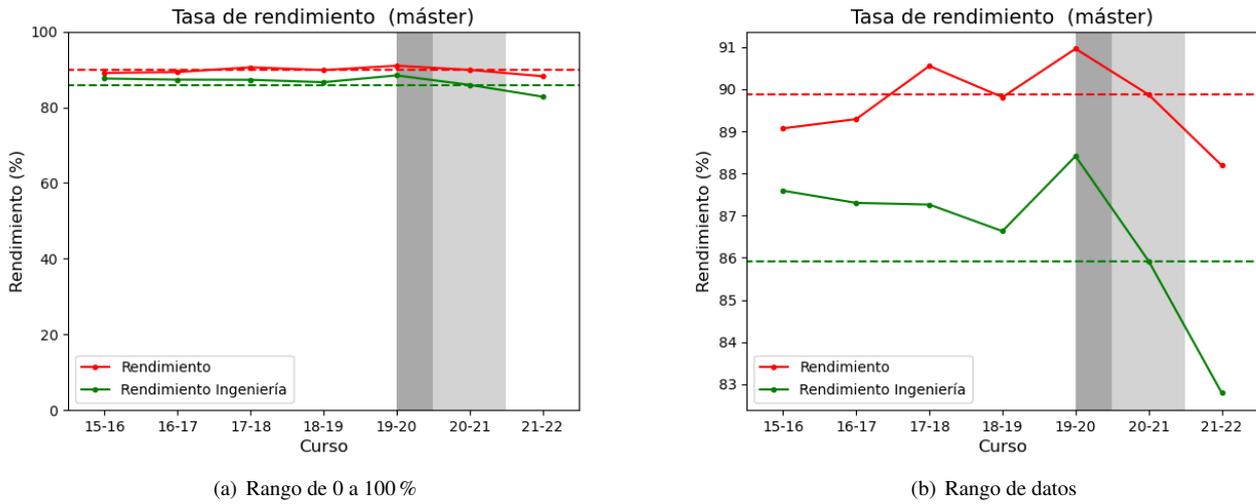


Figura 4: Tasa de rendimiento de máster. En trazo continuo de color rojo se muestra el promedio de todos los grados y en verde el de ingeniería. En línea discontinua el valor para la fase *Semi-presencial* (banda vertical gris claro). Señalando la fase de confinamiento en banda vertical gris oscuro.