

Santiago, 9 de marzo de 2021

## Prevención y Trazabilidad para el Retorno a Clases Presenciales en Colegios: Reporte Técnico #1

Susana Mondschein, Marcelo Olivares, Joaquín Siebert  
*Ingeniería Industrial U. De Chile, Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería*  
Patricio Foncea  
*MIT Operations Research Center.*

### Resumen Ejecutivo

1. Existe consenso a nivel internacional sobre la necesidad de reanudar las clases presenciales. Estudios recientes en colegios sugieren que tomando medidas precautorias es posible reducir brotes en los establecimientos. Las medidas utilizadas para prevenir brotes incluyen protocolos de higiene, reducción del número de alumnos por sala, políticas de aislamiento, combinar clases online/presencial y testeos a asintomáticos.
2. Desarrollamos modelos de simulación que capturan el patrón de contacto en colegios, incluyendo profesores y alumnos, con índices de transmisión e infecciosidad de Covid-19 obtenidos de la literatura reciente.
3. En términos de protocolos de aislamiento, cuarentenar al curso de un caso confirmado es efectivo para cortar transmisión, disminuyendo los contagios en un 85% con respecto al caso base donde solo se aísla al infectado. La política más conservadora de cerrar todo el colegio tiene un impacto marginal cuando los contactos entre cursos son reducidos. Si se evitan almuerzos, recreos y actividades masivas, no parece ser necesario suspender las clases presenciales a todo el colegio.
4. Cuando el protocolo de cerrar solo al curso se combina con una reducción de alumnos por sala a la mitad, se reduce las infecciones en 35% y las clases online en 50%. Si no es posible aumentar el número de salas, la reducción de infecciones se puede lograr alternando clases online y presencial semanalmente, pero disminuyendo sustancialmente las clases presenciales.
5. Cuando no es posible reducir el número de alumnos por sala (por falta de espacio o profesores), el testeo dos veces por semana con un test de antígeno o similar a toda la comunidad escolar asintomática (como se hace en el Reino Unido) permite reducir los contagios en similar magnitud a reducir los cursos a la mitad de alumnos. La estrategia de testeo podría ser dirigida a aquellos colegios en donde es más difícil para las familias sostener la educación online.

### Motivación

Una de las primeras respuestas adoptadas en todos los países para contener el brote de contagios de Covid-19 fue el cierre total de las clases presenciales en colegios ([5]). Existe consenso que la suspensión de clases presenciales ha afectado significativamente el aprendizaje y salud mental de

los niños ([6,14]), el ausentismo laboral [13] y que por lo tanto el cierre de colegios debiese ser utilizado como último recurso para contener brotes ([3]).

La apertura parcial de colegios alrededor del mundo ha logrado generar evidencia sobre el perfil contagioso de los menores y del efecto de reanudar las clases presenciales en la carga infecciosa y en la transmisión del virus. Diversos estudios en Europa y Estados Unidos han concluido que los colegios no han sido un gran foco de aumento en la transmisión de Covid-19 ([2], [4]), esto en parte debido a las medidas de contención que se han implementado en estos establecimientos. Sin embargo, la evidencia indica que sí han surgido brotes en colegios y que es importante mantener medidas de mitigación en las instituciones educacionales para evitar un aumento en las infecciones. Por ejemplo, en Alemania se muestra que los brotes en colegios disminuyeron significativamente (tanto en número de brotes como personas infectadas) en la reapertura de colegios bajo diversas medidas de mitigación [3], comparado con los brotes observados antes de tomar estas medidas.

La Tabla 1 resume las distintas medidas complementarias que han utilizado los colegios para reducir la incidencia de brotes. En general, estas medidas se pueden agrupar en tres categorías. El primer grupo de medidas busca reducir la probabilidad que se produzca un contagio cuando hay contacto estrecho. El segundo grupo busca reducir el número de contactos que tienen las personas en un colegio (independiente si están contagiadas o no). El tercer grupo apunta a reducir el tiempo que una persona infectada o sospechosa de estar infectada circula en el colegio.

Tipo de medidas	Ejemplos
<b>Higiene:</b> Reducir riesgo de contagio cuando existe contacto estrecho	Uso de mascarillas permanente. Realizar clases en espacios abiertos o con ventanas abiertas. Desinfección frecuente de espacios comunes.
<b>Distanciamiento social:</b> Limitar el número de personas que están en contacto.	Reducir número de alumnos por sala. Evitar almuerzo en el colegio. Suspender competencias deportivas. Tiempos reducidos de recreo en espacios controlados.
<b>Testeo, Trazabilidad y Aislamiento:</b> Aislar casos y sus contactos prontamente.	Monitoreo frecuente de síntomas en toda la comunidad. Testeo frecuente para detectar casos asintomáticos. Mantener trazabilidad continua de contactos en la comunidad escolar.

**Tabla 1** – Resumen de medidas de mitigación en colegios adoptadas en distintos países. Elaboración propia basado en [2,3,4].

### Objetivos y Metodología del Estudio

En el presente estudio, **analizamos la efectividad de distintas medidas de mitigación para evitar brotes en colegios**, con el objetivo de **guiar a la comunidad sobre las posibles acciones a tomar para proteger a la comunidad educacional y su entorno**.

Con este propósito, desarrollamos modelos de simulación que replican los contactos entre personas de la comunidad escolar bajo distintos escenarios.

- Se consideran alumnos de enseñanza media y básica, organizados en cursos, con actividades que pueden ser presenciales y/u online.

- Para estimar la infecciosidad de casos contagiados, utilizamos un enfoque similar a [1], modelando la evolución de la carga viral de los individuos infectados y su respectiva infecciosidad hacia contactos estrechos. Una persona puede ser contagiada fuera o dentro del colegio, por lo cual se considera una incidencia de contagios externos de  $5 \times 10^{-5}$  diaria (5 infectados diarios cada 100 mil habitantes) y distintos valores del número de reproducción (R) al interior del colegio (valores entre 1.0 y 1.9).
- La carga viral y nivel de infecciosidad son ajustados por edad, basado en evidencia empírica que sugiere que los menores de 14 años son menos susceptibles a ser infectados ([9,10]) y probablemente menos contagiosos ([11,12]).
- Se simularon 90 días seguidos, con clases de lunes a viernes (tanto presencial como online, dependiendo del escenario simulado). Se asume que las cuarentenas de contactos estrechos mantienen educación online.

Para cada simulación, se calcula el número de infectados y el porcentaje de días con clases presenciales con que operó el colegio, de modo de evaluar los beneficios y costos entre estos dos indicadores claves. Para calcular el número de días presenciales, se excluye el tiempo de aislamiento debido a casos confirmados o cuarentenas de contactos estrechos (de acuerdo a la política establecida para el aislamiento).

En este primer reporte, nos enfocamos en evaluar **las siguientes medidas de mitigación:**

Diseño de turnos y equipos de trabajo (DTET):

- Reducir el número de alumnos por sala (lo cual requiere aumentar el número de salas ocupadas).
- Alternar semanalmente clases presenciales y online, lo cual permite operar con menos alumnos por sala sin aumentar el número de salas, pero reduciendo el número de clases presenciales.
- Comparar distintas políticas de aislamiento de contactos: (i) aislar solo al caso índice; (ii) aislar el índice y su curso; y (iii) aislar al colegio completo.
- Realizar test de screening a asintomáticos (cada dos semanas o semanalmente). Usamos una metodología similar a [1] para modelar la sensibilidad de los tests. Se asume un nivel de detección de  $10^6$  cp/ml, comparable a la sensibilidad de test de screening por antígeno, con entrega de resultados en menos de 24 horas. Basado en el estudio [7,8] que reporta carga viral similares entre niños y adultos, se asume la misma sensibilidad del test para todos los individuos de la comunidad escolar.

## Resultados

En este primer reporte, **se presentan resultados para alumnos de educación media, que tienen un perfil infeccioso similar al de adultos.**

Para evaluar las medidas de mitigación, el primer paso es determinar la estructura del colegio en términos del número de alumnos y sus interacciones con sus profesores. Para este efecto, definimos distintos tipos de colegio como caso base, descritos en la primera columna de la Tabla 2, que buscan representar colegios de distinto tamaño. Para cada colegio base, se puede considerar los niveles de enseñanza básica (8 niveles) o niveles de media (4 niveles), que para efectos del análisis se simularon por separado. También es importante definir la asignación de profesores a salas. En este reporte, se considera que cada sala tiene asignado dos profesores y cada profesor hace clases en dos salas (luego el número de profesores es igual al número de salas).

Una estrategia de contención de brotes es dividir los cursos en “burbujas” más pequeñas. Por ejemplo, un colegio de 3 salas por nivel con 30 alumnos cada una, puede ser dividido en 6 salas por nivel, con 15 alumnos cada una. Las posibles variantes asociadas a cada caso base se muestran en la segunda columna de la Tabla 2. Dado que las variantes descritas podrían no ser factibles de implementar con el número de salas existentes en un colegio, se evaluaron también escenarios alternando clases presenciales y online semanalmente.

Caso Base	Posibles variantes de salas
1 Sala por Nivel, 30 alumnos	2 Salas por Nivel, 15 alumnos
3 Salas por Nivel, 30 alumnos	6 Salas por Nivel, 15 alumnos
5 Salas por Nivel, 30 alumnos	10 Salas por Nivel, 15 alumnos

**Tabla 2** – Colegios utilizados para el caso base y las respectivas variantes para reducir el número de alumnos por sala.

El Gráfico 1 muestra los resultados de la simulación para un colegio base de 3 salas por nivel, con 30 alumnos por sala, para enseñanza media. Cada gráfico muestra el porcentaje de infectados en un horizonte de 90 días junto con el porcentaje de días de clases online (donde el alumno participa en las clases en forma remota), para distintas configuraciones de cursos y políticas de aislamiento.

**Gráfico 1** – Porcentaje de infectados vs porcentaje de clases online para políticas 1 a 6. Colegio base: 3 salas por nivel, con 30 alumnos por sala, enseñanza media.

Escenarios	Protocolo de aislamiento ante caso confirmado	Numero alumnos por sala
1	Aislar solo caso confirmado	30 alumnos
2	Aislar al curso del caso (*)	30 alumnos
3	Aislar a todo el colegio	30 alumnos
4	Aislar al curso del caso (*)	15 alumnos
5	Aislar al curso del caso (*)	15 alumnos, alternando online / presencial cada semana
6	Aislar a todo el colegio	15 alumnos, alternando online / presencial cada semana

(\*) Cuando el caso confirmado es un profesor, todos los cursos en que hizo clases son aislados.

En el caso base (**escenario 1**), en donde solo se aísla al caso infectado, se mantiene gran parte del tiempo clases presenciales (clases online < 2%), pero a costa de un alto número de contagios: 18%

del colegio se contagia en un horizonte de 90 días.<sup>1</sup> Sin embargo, cuando se aplica la política de aislar al curso completo (**escenario 2**), disminuye sustancialmente el número de contagios a solo 3% del colegio, con muy poco impacto en la asistencia presencial (clases online <4%). Cabe destacar que la política de aislar todo el colegio (**escenario 3**) tiene un impacto mínimo en los contagios, reduciendo de 3% a 2.4% el porcentaje de infectados (en comparación con cerrar solo el curso), pero con una alta disminución en las clases presenciales (clases online aumenta de <4% a 30%).

De lo anterior, el protocolo de aislar al curso en caso de la detección de un infectado parece ser la política de mayor efectividad. Combinar esta política con un tamaño reducido de alumnos por sala tiene beneficios adicionales, ya que se reduce el número de alumnos que deben hacer cuarentenas preventivas. Se analiza esta estrategia en los escenarios 4, 5 y 6.

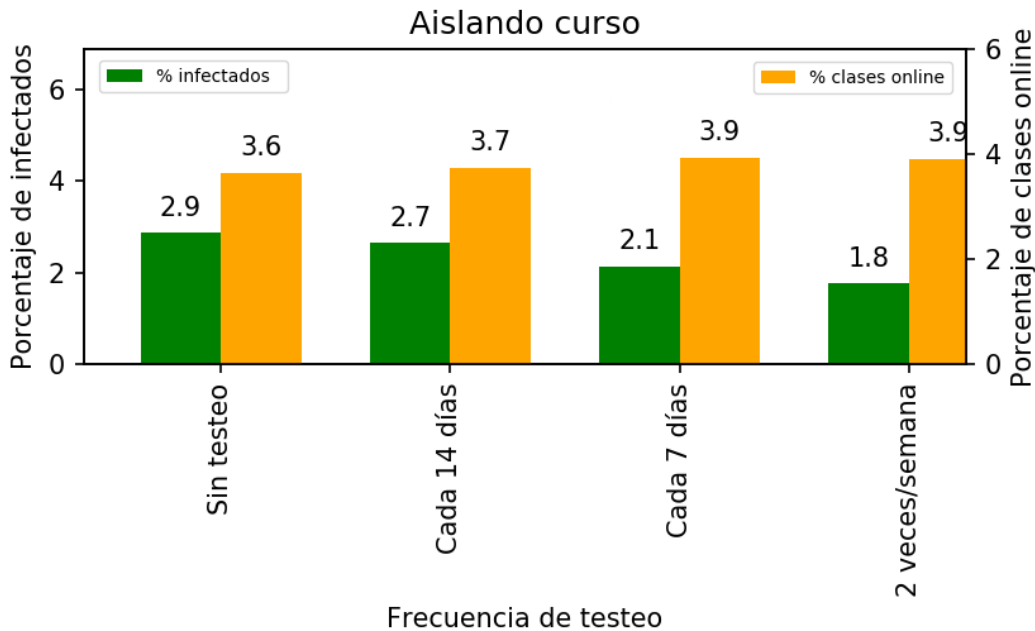
El **escenario 4** considera que el colegio dispone de salas adicionales para dividir los cursos a la mitad, teniendo ahora 6 cursos por nivel de 15 alumnos cada uno. En este caso observamos que la asistencia presencial es mayor al 98% y el número de contagiados en 90 días alcanza a 1.8%. Por ello, si el colegio tiene la infraestructura adecuada, es recomendable dividir los cursos a la mitad, ya que las clases presenciales aumentan y el número de contagios disminuye.

En el **escenario 5** se considera el mismo caso de la política 4 pero alternando clases presenciales y online semanalmente, con lo cual no se necesita aumentar el número de salas. En este caso, la cantidad de infectados se reduce aún más – 1% en el lapso de 90 días – pero aumentando de forma considerable las clases online (51%).

El **escenario 6** es similar al 5 pero cerrando el colegio en caso de la detección de un contagiado. Esta política no reporta un impacto significativo en el número de infectados, teniendo un impacto enorme en la asistencia presencial de los alumnos (solo un 25% de clases presenciales). Se concluye del Gráfico 1 que la política de tener cursos pequeños -- aislando al curso completo en caso de contagio -- reporta muy buenos resultados con altas tasas de asistencia presencial y baja tasa de contagios. Sin embargo, colegios de menores recursos no tienen suficiente capacidad de salas y profesores para sostener salas con pocos alumnos y requerirían alternar educación presencial y online. Esta estrategia reduce significativamente el porcentaje de clases presenciales, lo cual puede ser particularmente complicado para las familias de estrato socio económico más bajo, con menores posibilidades de teletrabajo. Una alternativa para estos colegios es mantener el tamaño de sala regular, en este caso 30 alumnos, pero **realizando testeos frecuentes a asintomáticos**, identificando prontamente los focos de contagio. El análisis de estos escenarios se reporta en el Gráfico 2.

<sup>1</sup> A modo de comparación, si el colegio se mantuviese completamente cerrado y solo se registrarán contagios externos, se esperaría que alrededor de 0.5% del colegio se infecte en 90 días (incidencia diaria 5/100 mil habitantes).

**Gráfico 2** – Número de infectados vs porcentaje de clases online para políticas de testeo periódico.



Colegio base: 3 salas por nivel, con 30 alumnos por sala, enseñanza media. Se considera el protocolo que aísla al curso completo del caso confirmado.

Los resultados del Gráfico 2 sugieren que el testeo periódico a la población escolar reduce el número de infectados en los 90 días considerados, con un leve aumento del porcentaje de clases online. Esto último es esperable, ya que los tests permiten identificar a algunos asintomáticos por ende se aislarán algunos cursos, aún en casos en que el contagiado índice no presente síntomas. Una frecuencia de testeo de dos veces por semana (como se está haciendo en el Reino Unido [15]) permite reducir el número de infectados a 1.8% – similar al que se obtiene en el escenario 4, con cursos pequeños -- manteniendo las clases online a menos de un 4%.

El análisis descrito en el Gráfico 2 permite concluir que realizar test de screening permite controlar brotes de manera comparable a lo que se logra reduciendo el tamaño de cursos. Para la simulación, se consideró un test de sensibilidad relativamente baja (equivalente a un test de antígeno); el testeo usando PCR (de mayor sensibilidad) puede lograr reducir aún más los contagios. Luego, la política de testeo podría focalizarse en aquellos colegios donde no hay suficiente capacidad para reducir el número de alumnos por sala y donde la educación online es difícil de implementar.

Referencias

- [1] Larremore, D. B., Wilder, B., Lester, E., Shehata, S., Burke, J. M., Hay, J. A., Tambe, M., Mina, J. M., Parker, R. (2021). Test sensitivity is secondary to frequency and turnaround time for COVID-19 screening. *Science Advances*. **7** (1) DOI: 10.1126/sciadv.abd5393
- [2] Honein, Margaret A., Lisa C. Barrios, and John T. Brooks. "Data and policy to guide opening schools safely to limit the spread of SARS-CoV-2 infection." *JAMA* (2021).
- [3] Im Kampe, Eveline Otte, et al. "Surveillance of COVID-19 school outbreaks, Germany, March to August 2020." *Eurosurveillance* 25.38 (2020): 2001645.
- [4] European Centre for Disease Prevention and Control. COVID-19 in children and the role of school settings in transmission - first update. Stockholm; 2020.
- [5] Covid-19 Government Response Tracker, <https://www.bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/covid-19-government-response-tracker>.
- [6] Kuhfeld MSJ, Tarasawa B, Johnson A, et al Projecting the potential impact of COVID-19 school closures on academic achievement. *Educational Researcher*. 2020;49(8):549-565. doi:10.3102/0013189X20965918.
- [7] Heald-Sargent T, Muller WJ, Zheng X, Rippe J, Patel AB, Kociolek LK. Age-Related Differences in Nasopharyngeal Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) Levels in Patients With Mild to Moderate Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *JAMA Pediatrics*. 2020;174(9):902-3. Available from: <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2020.3651>
- [8] Wölfel R, Corman VM, Guggemos W, Seilmaier M, Zange S, Müller MA, et al. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature*. 2020;581(7809):465-9. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2196-x>
- [9] Koh WC, Naing L, Chaw L, Rosledzana MA, Alikhan MF, Jamaludin SA, et al. What do we know about SARS-CoV-2 transmission? A systematic review and meta-analysis of the secondary attack rate and associated risk factors. *PloS one*. 2020;15(10):e0240205
- [10] Viner RM, Mytton OT, Bonell C, Melendez-Torres GJ, Ward J, Hudson L, et al. Susceptibility to SARS-CoV-2 Infection Among Children and Adolescents Compared With Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatr* [Preprint]. 25 September 2020 2020; Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jamapediatrics/fullarticle/2771181>
- [11] Grijalva CG, Rolfes MA, Zhu Y, McLean HQ, Hanson KE, Belongia EA, et al. Transmission of SARS-COV-2 Infections in Households - Tennessee and Wisconsin, April-September 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2020;69(44):1631-4. Available from: <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/mm6944e1.htm>
- [12] Park YJ, Choe YJ, Park O, Park SY, Kim YM, Kim J, et al. Contact Tracing during Coronavirus Disease Outbreak, South Korea, 2020. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(10):2465-8. Available from: [https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/10/20-1315\\_article](https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/10/20-1315_article)
- [13] Bayham J, Fenichel EP. Impact of school closures for COVID-19 on the US health-care workforce and net mortality: a modelling study. *The Lancet Public Health*. 2020;5:e271-e8.
- [14] UNESCO. Adverse consequences of school closures. Unesco. 2020
- [15] Covid: What are the new rules for schools? <https://www.bbc.com/news/education-51643556>