

Estudio dinámico sistémico de la relación entre la inequidad digital y el uso de las tecnologías de Información y comunicación por parte de las organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia

H. F. Gómez Ortiz

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Bucaramanga
Avenida 42 No. 48-11, Bucaramanga, Colombia
hgomez41@unab.edu.co

Resumen – La emergencia de salud ocasionada por la pandemia del COVID-19 obligó a gobiernos y organizaciones a implementar medidas para mitigar los efectos de la crisis. El distanciamiento físico fue la principal estrategia de prevención del contagio, y el teletrabajo la mejor política para continuar labores fuera de la presencialidad. Si bien, el teletrabajo reduce el riesgo de contagio, no todos los empleos podían realizarse de esta forma, generando desempleo y pérdida de capacidad económica en la población, lo cual causó la exacerbación de las inequidades digitales en la pandemia. Usando Dinámica de Sistemas se construyó una hipótesis dinámica y un modelo de simulación para tener una primera aproximación y entendimiento del problema. Se encuentra que las políticas de flexibilización a la presencialidad pueden ayudar a reducir la población desempleada durante la crisis, aunque a costo de incrementar el riesgo de contagio si no se impulsan escenarios para promover el teletrabajo. Se descubre que las políticas de subsidios económicos pueden alivianar la tasa de población desempleada durante una crisis como la de la pandemia.

Palabras clave: Inequidad Digital, COVID-19, Dinámica de Sistemas, Work from home, Pensamiento Sistémico.

I. INTRODUCCIÓN

El 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud declaró oficialmente la emergencia de salud pública originada por el COVID-19 como una pandemia [1]. Organizaciones y gobiernos de todo el mundo se vieron forzados a implementar medidas con el objetivo de mitigar los efectos negativos de la crisis. En las etapas tempranas de la pandemia y a falta de vacunas para el control del virus, las estrategias implementadas se centraron en promover el distanciamiento físico en la población. Esto incluyó medidas

de aislamiento social como cuarentenas, restricción de la movilidad y viajes, suspensión de eventos masivos, entre otros [2]. Muchas organizaciones implementaron medidas orientadas a la disminución del riesgo de contagio y propagación del virus, siendo el teletrabajo una de las estrategias más adoptadas.

La implementación de políticas de aislamiento e implementación de teletrabajo requirieron una rápida y masiva adopción de tecnologías en la población [3]. Desafortunadamente, no todos los sectores poblacionales estaban preparados en aspectos como acceso a internet [4], habilidades tecnológicas [5] o infraestructura en TIC [6]. En el contexto de pandemia, el uso y apropiación de TIC se presentaba más factible en ciertos grupos poblacionales sobre otros [7], ocasionando un impacto directo en el incremento de las inequidades digitales existentes.

La problemática de inequidades digitales siempre ha existido, pero se ha visto exacerbada durante la pandemia [8]. En el escenario global originado por el COVID-19, el uso y apropiación de TIC resultó fundamental para la mitigación de los efectos del virus, y ante la urgencia por reducir su propagación, se presentó una adopción masiva de TIC, la cual ocurrió de forma acelerada e improvisada [9]. Se han realizado pesquisas sobre inequidad digital y uso de TIC durante la pandemia haciendo uso de diversos métodos de modelamiento; sin embargo, no se encontró en la literatura reciente investigaciones donde se haga uso de la dinámica de sistemas, la cual ofrece un entendimiento y discusión de asuntos complejos [10]. Características como la retroalimentación, no linealidad, escala dinámica entre otras, permiten que esta problemática pueda ser estudiada como problema de alta complejidad desde una perspectiva sistémica [11].

Se hace uso de la dinámica de sistemas para realizar una primera aproximación de un diseño de modelo de simulación, que permita estudiar la problemática de inequidad digital durante la pandemia en el contexto colombiano. Los datos e información disponibles sobre la dinámica del teletrabajo en Colombia, muestran cómo se ha visto un incremento de la población empleada bajo la presencialidad pasando a realizar labores de teletrabajo; aun así, las estadísticas también reflejan el incremento de la población inactiva o desempleada en el país, por causa de las restricciones a la presencialidad impuestas como medida de mitigación de los efectos del COVID-19, y a la imposibilidad de muchos empleos presenciales de ser desarrollados por teletrabajo [12].

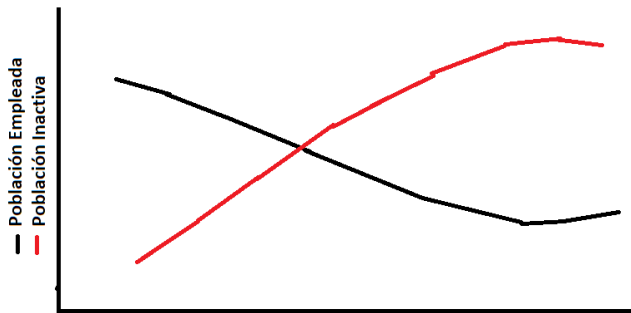


Fig. 1 Modo de referencia. Población empleada y Población Inactiva

La figura 1 muestra una representación de la tendencia de la población empleada y la población inactiva o desempleada durante los primeros meses de pandemia. Este trabajo genera un aporte en el área de investigación en el que actualmente no existe mucha literatura sobre el tema, considerando lo reciente de la problemática de la pandemia y las inequidades digitales en este periodo.

II. METODOLOGÍA APLICADA

Se usó Dinámica de Sistemas para modelar el problema, dado que esta ofrece, desde una perspectiva sistémica, un entendimiento de la dinámica del problema, las variables que la afectan, y cómo políticas puede tener un efecto deseado o no en el tiempo acorde a como se busque solucionar la problemática de estudio. Se realizó una intersección entre el flujo de modelado de dinámica de sistemas propuesto por Ding et al. [13] y el ciclo de modelado propuesto por Sterman [14], el cual resultó con las siguientes actividades a desarrollar:

1. Identificar variables clave en el problema
2. Definir el horizonte de tiempo del modelo
3. Generar los modos de referencia
4. Generar la hipótesis inicial de la exacerbación de las inequidades digitales durante la pandemia
5. Construcción del diagrama causal del problema
6. Construcción del diseño del modelo de simulación
7. Simulación del modelo y análisis de resultados
8. Comparación de resultados de simulación con

datos existentes sobre el problema

9. Recomendación de estrategias con base en el análisis de resultados

Se realizó una revisión literaria del área de investigación con relación a la problemática de inequidades digitales durante la pandemia del COVID-19. Para esta revisión literaria se utilizaron palabras claves como: Inequidad digital, COVID-19, Pandemia, Dinámica de sistemas, Work from Home, Teletrabajo y Empleo. Se utilizó principalmente el motor de búsqueda de Google Académico para la búsqueda de resultados. Si bien se identifican trabajos que abordan la problemática en el contexto planteado, no se encuentran propuestas que usen dinámica de sistemas como herramienta de modelado para el problema. La Tabla 1 presenta un compilado de fuentes de investigación que han abordado el problema, y se resalta el método de modelado usado en cada una.

TABLA I
REVISIÓN LITERARIA DEL PROBLEMA

Fuente	Método de Modelado
Beaunoyer et al. [15]	Análisis descriptivo y cualitativo de información
Van Deursen [16]	Modelación lineal jerárquica
Baker [17]	Análisis estadístico de datos
Nguyen et al. [18]	Modelo de regresión logística
Bonacini et al. [19]	Métodos de regresión de función de influencia

Por lo reciente del evento de crisis de pandemia por el COVID-19, es posible que esta sea la razón por la que no hay aún – o están en construcción, trabajos en el área que aborden la problemática de inequidades digitales durante la pandemia usando dinámica de sistemas, y esto representa una oportunidad de contribución al área de investigación, haciendo también uso de la información disponible y los datos registrados actualmente sobre teletrabajo e inequidad digital en pandemia. Se encuentran trabajos que hacen uso de la dinámica de sistemas para estudiar problemáticas relacionadas con la crisis del COVID-19 [20],[21],[22], sin embargo, estos no abordan como tal la problemática de inequidades digitales durante la pandemia.

III. RESULTADOS

Se construyó una hipótesis dinámica a través de la identificación de variables clave que delimitaban la problemática de inequidades digitales, las cuales son mostradas en la tabla 2. Se definió un horizonte de tiempo de 37 semanas, contando la declaración de emergencia sanitaria por causa de la pandemia en Colombia realizada el 12 de marzo del 2020 hasta la semana en la que se presentó un índice bajo de nuevos casos durante los primeros meses de la crisis de la pandemia, con un total de 5015 nuevos casos al día 13 de octubre del 2020 [23]. El horizonte de tiempo es importante para comprender la dinámica del problema en un contexto en el que no se cuenta con estrategias o políticas establecidas en el sector salud o económico para actuar ante una amenaza a la salud pública de forma repentina y con un gran alcance en la población.

TABLA II
VARIABLES CLAVE IDENTIFICADAS

Variable	Descripción
Personas con capacidad en uso de TIC	Población, con posibilidades de acceso, uso y apropiación de TICs
Población Empleada	Población con empleo, sea remoto o presencial
Población Inactiva	Población sin empleo que no puede vincularse al mercado laboral por las restricciones de la pandemia
Empleos por teletrabajo	Puestos de trabajo que son desempeñados por la modalidad de teletrabajo
Empleos presenciales	Puestos de trabajo que son desempeñados por la modalidad presencial
Capacidad económica	Proporción porcentual de la población con capacidad de invertir en acceso, uso y apropiación de TICs
Restricción de presencialidad	Proporción porcentual de la población afectada por la crisis de pandemia en términos económicos que no posibilita inversión en acceso, uso y apropiación de TICs
Riesgo de contagio	Tasa de riesgo de contagio por COVID-19 en población, considerando la población trabajando presencial

Se generó la hipótesis inicial: La inequidad digital en Colombia se vio exacerbada por causa de las medidas de distanciamiento físico y teletrabajo implementadas durante la crisis de pandemia del COVID-19. Luego, se representó la hipótesis dinámica del problema mediante un diagrama causal, en el cual se identificaron cuatro flujos de realimentación de refuerzo y dos de balance. El riesgo de contagio actúa como elemento balanceador al determinar las políticas de restricción o flexibilización de la presencialidad, mientras que la capacidad económica es el factor determinante que aumenta o disminuye el flujo de personas con capacidades TIC durante la crisis. El diagrama causal construido es presentado en la Figura 2.

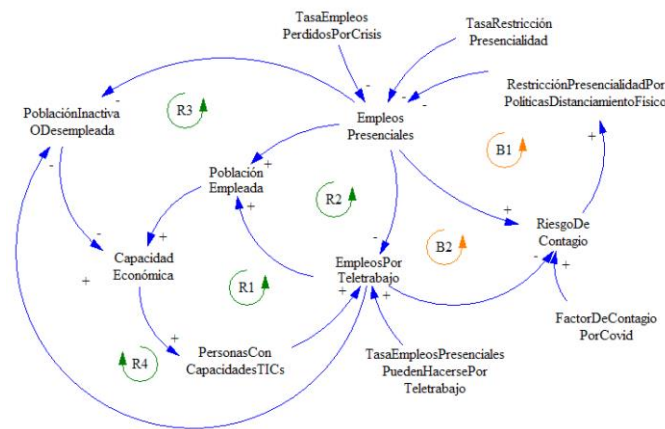


Fig. 2 Diagrama causal del problema

Se construyó el diagrama de Forrester que permitió realizar las simulaciones del modelo, el cual se muestra en la figura 3. Se ejecutan las simulaciones del modelo considerando un fuerte impacto inicial de las políticas de restricción a la presencialidad. Se determina un *delay* en la política de flexibilización para el retorno a la presencialidad en la semana 25 de la ejecución, considerando que aproximadamente en esta semana el gobierno dictamina el retorno gradual de la

población a la presencialidad ante la disminución de los casos diarios de contagio por COVID-19 [24].

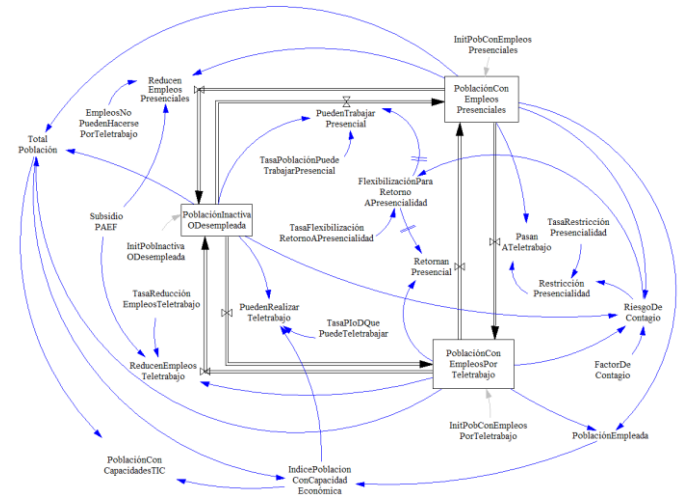


Fig. 3 Diagrama de Forrester construido

Los resultados de las simulaciones muestran que existe un incremento en la población teletrabajando gracias a las medidas de restricción de la presencialidad para el distanciamiento físico que impulsan el flujo de empleos presenciales a teletrabajo, lo que genera una reducción en el riesgo de infección. Sin embargo, se encuentra que ante las restricciones de los empleos presenciales que no pueden ser realizados remotamente y por causa de las medidas de restricción de la presencialidad, una buena parte de la población pasa a inactividad laboral y desempleo, perjudicando la capacidad económica de la población, y por consiguiente, la capacidad de acceso a TIC durante la pandemia. Las Figuras 4, 5 y 6 muestran respectivamente las gráficas con los resultados de simulación de la población teletrabajando, la población inactiva o desempleada, y el índice de población con capacidad económica.

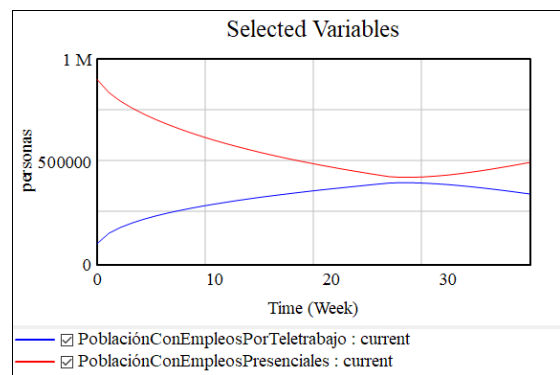


Fig. 4 Simulación Población con empleos por teletrabajo

Se ejecutó una segunda simulación incluyendo una política de subsidios para la conservación del empleo, con base en la política del Programa de Apoyo al Empleo Formal (PAEF) implementada por el gobierno colombiano [25]. Se observa que una política de subsidios para el apoyo de la conservación del empleo formal durante la crisis contribuye positivamente a la reducción del flujo de población empleada (principalmente

en la presencialidad) hacia la inactividad o desempleo. Eso, sin embargo, conlleva a un leve incremento en el riesgo de contagio a lo largo del tiempo, por causa de la retención de empleos presenciales que genera esta política de subsidios. La figura 7 presenta la gráfica comparativa de resultados para la población inactiva o desempleada en las simulaciones realizadas. Al comparar tendencias con trabajos que presentan datos e información sobre el comportamiento del desempleo y el teletrabajo durante la pandemia [26],[27],[28], se encuentra una correlación entre las gráficas y la información expuesta en estos trabajos, dando respaldo a la hipótesis inicial planteada.

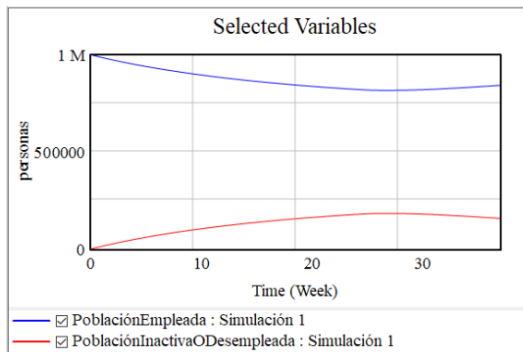


Fig. 5 Simulación Población inactiva o desempleada

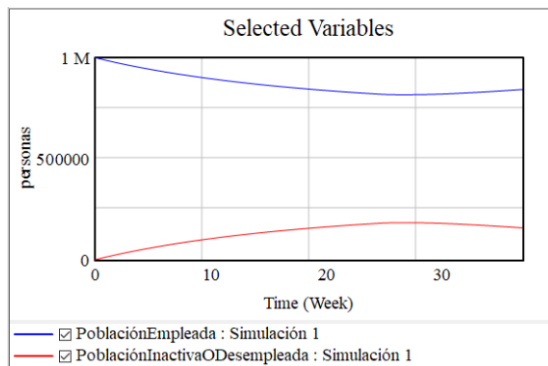


Fig. 6 Simulación Índice de población con capacidad económica

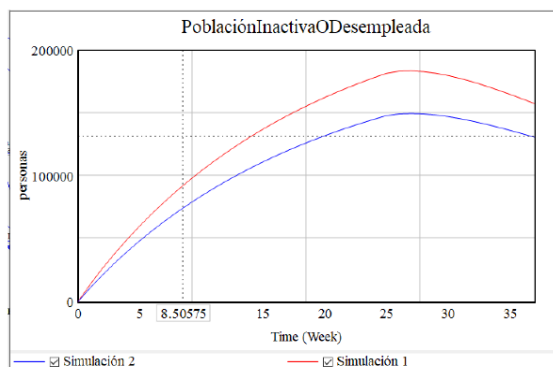


Fig. 7 Simulación Población inactiva o desempleada con política PAEF

IV. DISCUSIÓN

Se construyó un diseño de modelo dinámico sistémico que representa la problemática de inequidades digitales durante la

pandemia del COVID-19 bajo la influencia de políticas de restricción a la presencialidad, fomento al teletrabajo y subsidios de apoyo para la conservación del empleo formal. De la revisión de literatura y búsqueda de trabajos relacionados en el área, no se encuentra alguna propuesta que aborde la problemática de inequidades digitales durante la crisis del COVID-19 mediante el uso de dinámica de sistemas. Este se convierte entonces un aporte al área de investigación, representando una primera aproximación a la modelación mediante dinámica de sistemas del problema expuesto. Se sugiere seguir trabajando en la estructura del modelo, la cual puede ser mejorada con base en los trabajos que surjan en el futuro cercano sobre el problema, y que seguramente están en proceso de construcción y desarrollo dado lo reciente de la aparición del problema.

V. CONCLUSIÓN

A través de Dinámica de Sistemas se construyó un modelo de simulación que permitió tener una primera aproximación sistémica de la problemática de inequidades digitales durante los primeros meses de la pandemia del COVID-19. Se encontró que implementar políticas de subsidios que apoyen la conservación del empleo formal reducen el impacto negativo en los niveles de desempleo durante un escenario de crisis como el estudiado. El teletrabajo contribuyó a la reducción del riesgo de contagio, y políticas implementadas que conduzcan al crecimiento de esta modalidad de trabajo durante crisis como la pandemia aportarán beneficios como mantener bajos los niveles de riesgo de contagio, así como la capacidad económica de la población que les permita tener capacidades en acceso, uso y apropiación de TIC. Se requiere mayor trabajo en investigación para considerar otros escenarios y variables dentro de modelos de simulación, tales como habilidades en TIC, nivel de educación, edad, entre otros, que permitan abordar la reducción de las inequidades digitales en medio de escenarios de crisis como el generado por el COVID-19.

DECLARACIÓN DE INTERÉS

Ninguna.

FINANCIACIÓN

Esta investigación no ha recibido ninguna subvención específica de organismos de financiación del sector público, comercial o sin ánimo de lucro.

RECONOCIMIENTO

Agradecimientos al profesor Ph.D. Jorge Andrick Parra Valencia por las indicaciones para el desarrollo de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud - OMS (2020). La OMS caracteriza a COVID-19 como una pandemia. <https://www.paho.org/es/noticias/11-3-2020-oms-caracteriza-covid-19-como-pandemia>. Último acceso: 25 de febrero 2022.

- [2] Ebrahim, S. H., Ahmed, Q. A., Gozzer, E., Schlagenhauf, P., & Memish, Z. A. (2020). Covid-19 and community mitigation strategies in a pandemic. *BMJ*, 368. <https://doi.org/10.1136/BMJ.M1066>
- [3] Hantrais, L., Allin, P., Kritikos, M., Sogomonjan, M., Anand, P. B., Livingstone, S., Williams, M., & Innes, M. (2021). Covid-19 and the digital revolution. *Contemporary Social Science*, 16(2), 256–270. <https://doi.org/10.1080/21582041.2020.1833234>
- [4] van Deursen, A. J. A. M. (2020). Digital inequality during a pandemic: Quantitative study of differences in COVID-19-related internet uses and outcomes among the general population. *Journal of Medical Internet Research*, 22(8), e20073. <https://doi.org/10.2196/20073>
- [5] Nguyen, M. H., Hargittai, E., & Marler, W. (2021). Digital inequality in communication during a time of physical distancing: The case of COVID-19. *Computers in Human Behavior*, 120, 106717. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106717>
- [6] García Zaballos, A., Iglesias Rodríguez, E., Cave, M., Elbittar, A., Guerrero, R., Mariscal, E., Webb, W. (2020). El impacto de la infraestructura digital en las consecuencias de la COVID-19 y en la mitigación de efectos futuros. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0002809>
- [7] Bonacini, L., Gallo, G., & Scicchitano, S. (2021). Working from home and income inequality: risks of a ‘new normal’ with COVID-19. *Journal of Population Economics*, 34(1), 303–360. <https://doi.org/10.1007/s00148-020-00800-7>
- [8] Beaunoyer, E., Dupéré, S., & Guitton, M. J. (2020). COVID-19 and digital inequalities: Reciprocal impacts and mitigation strategies. *Computers in Human Behavior*, 111, 106424. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106424>
- [9] Hantrais, L., Allin, P., Kritikos, M., Sogomonjan, M., Anand, P. B., Livingstone, S., Williams, M., & Innes, M. (2021). Covid-19 and the digital revolution. *Contemporary Social Science*, 16(2), 256–270. <https://doi.org/10.1080/21582041.2020.1833234>
- [10] Radzicki, M.J. & Taylor, R.A. (1997). Introduction to System Dynamics: A Systems Approach to Understanding Complex Policy Issues. *US Department of Energy*. <https://web.nmsu.edu/~lang/files/mike.pdf>. Último acceso: 25 de febrero 2022.
- [11] Barlas, Y. (2002). System Dynamics: Systemic Feedback Modeling for Policy Analysis. *Knowledge for Sustainable Development: An Insight into the Encyclopedia of Life Support Systems*. Recuperado de: <http://web.boun.edu.tr/ali.saysel/ESc59M/BarlasEOLSS.pdf>. Último acceso: 25 de febrero 2022.
- [12] Baker, M. G. (2020). Who cannot work from home? Characterizing occupations facing increased risk during the COVID-19 pandemic using 2018 BLS data. *MedRxiv*, 2020.03.21.20031336. <https://doi.org/10.1101/2020.03.21.20031336>
- [13] Ding, Z., Gong, W., Li, S., & Wu, Z. (2018). System Dynamics versus Agent-Based Modeling: A Review of Complexity Simulation in Construction Waste Management. *Sustainability*, 10, 2484. <https://doi.org/10.3390/su10072484>
- [14] Sterman, J. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world with CD-ROM*. Irwin/McGraw-Hill.
- [15] Beaunoyer, E., Dupéré, S., & Guitton, M. J. (2020). COVID-19 and digital inequalities: Reciprocal impacts and mitigation strategies. *Computers in Human Behavior*, 111, 106424. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106424>
- [16] van Deursen, A. J. A. M. (2020). Digital inequality during a pandemic: Quantitative study of differences in COVID-19-related internet uses and outcomes among the general population. *Journal of Medical Internet Research*, 22(8), e20073. <https://doi.org/10.2196/20073>
- [17] Baker, M. G. (2020). Who cannot work from home? Characterizing occupations facing increased risk during the COVID-19 pandemic using 2018 BLS data. *MedRxiv*, 2020.03.21.20031336. <https://doi.org/10.1101/2020.03.21.20031336>
- [18] Nguyen, M. H., Hargittai, E., & Marler, W. (2021). Digital inequality in communication during a time of physical distancing: The case of COVID-19. *Computers in Human Behavior*, 120, 106717. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106717>
- [19] Bonacini, L., Gallo, G., & Scicchitano, S. (2021). Working from home and income inequality: risks of a ‘new normal’ with COVID-19. *Journal of Population Economics*, 34(1), 303–360. <https://doi.org/10.1007/s00148-020-00800-7>
- [20] Strelkovskii, N., & Rovenskaya, E. (2021). Causal Loop Diagramming of Socioeconomic Impacts of COVID-19: State-of-the-Art, Gaps and Good Practices. In *Systems* (Vol. 9, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/systems9030065>
- [21] Sahin, O., Salim, H., Suprun, E., Richards, R., MacAskill, S., Heilgeist, S., Rutherford, S., Stewart, R. A., & Beal, C. D. (2020). Developing a Preliminary Causal Loop Diagram for Understanding the Wicked Complexity of the COVID-19 Pandemic. In *Systems* (Vol. 8, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/systems8020020>
- [22] Tonnang, H., Greenfield, J., Mazzaferro, G., Austin, C. C., & WG, R. C.-19. (2020). COVID-19 Emergency Public Health and Economic Measures Causal Loops: A Computable Framework. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3686027>
- [23] Instituto Nacional de Salud. *COVID-19 en Colombia - Histórico de casos por fecha de reporte*. <http://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/coronavirus-casos.aspx>. Último acceso: 25 de febrero 2022.
- [24] El Tiempo (2020). Gobierno definió cómo será retorno de servidores públicos a oficinas. <https://www.eltiempo.com/politica/gobierno/aislamiento-selectivo-servidores-publicos-se-alistan-para-retomar-a-oficinas-534274>. Último acceso: 25 de febrero 2022.
- [25] Ministerio de Hacienda y Crédito Público de la República de Colombia (2020). Decreto legislativo 639 del 2020 – Por el cual se crea el Programa de apoyo al empleo formal – PAEF. <https://paef.ugpp.gov.co/ver20/anexos/Decreto-639-2020.pdf>. Último acceso: 25 de febrero 2022.
- [26] García Salas, C. (2020). Futuro y perspectivas del trabajo en el marco del Covid-19. *Revista Jurídica Mario Alario D'Filippo*, 12(24), 399–409. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7630971>. Último acceso: 25 de febrero 2022.
- [27] Weller, J. (2020). *La pandemia del COVID-19 y su efecto en las tendencias de los mercados laborales*. <http://hdl.handle.net/11362/45759>
- [28] Katz, R., Jung, J., & Callorda, F. (2020). El estado de la digitalización de América Latina frente a la pandemia del COVID-19. Caracas: CAF. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1540>