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.

HENRY FARID GÓMEZ ORTIZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN GESTIÓN, APLICACIÓN Y DESARROLLO DE SOFTWARE
BOGOTÁ
2022

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.

HENRY FARID GÓMEZ ORTIZ

TESIS DE GRADO

DIRECTOR
Ph.D., JORGE ANDRICK PARRA VALENCIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN GESTIÓN, APLICACIÓN Y DESARROLLO DE SOFTWARE
BOGOTÁ
2022

Nota de aceptación:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____
Firma del presidente del jurado

_____
Firma del jurado

_____
Firma del jurado

Bogotá, 25 de febrero, 2022

Dedicatoria

A mi madre Sol Marina, mi padre Henry y mis hermanos, mi familia; esto es por y para ustedes.

A Lucía, por ser mi compañera de vida durante este trayecto en la academia.

A Angélica, María, Vane, Ricardo, Carlos Pexman; mis amigos y compañeros de viaje en momentos importantes durante este recorrido.

A aquellos que me dieron su conversación, conexión, tiempo y energías cuando más lo necesité; fue algo realmente invaluable durante esta época crítica y siempre estaré agradecido por ello.

A Pekina, Juank, Loritoides, Tatus, Denver, Lulú, Popols, Titus, Bogus y Yogui; amigos de la vida.

A mis profesores de maestría.

A la vida.

Agradecimientos

A Henry Luis Gomez, Jenny Angarita, a mis compañeros de maestría y a todos con quienes pude compartir y retroalimentar parte de lo desarrollado en este trabajo, en diferentes instancias del proceso.

A mis equipos de trabajo Multilenguaje (Babylonians), X-Wings y compañeros por su apoyo y comprensión para sacar esto adelante. Por su buena vibra y energía este proceso resultó más tranquilo y agradable.

Al profesor Jorge Andrick por sus indicaciones para la realización de este trabajo.

A la UNAB y todo el cuerpo académico por el conocimiento recibido.

A todos aquellos que colaboraron de forma directa o indirecta en el desarrollo de este proyecto.

RESUMEN

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

La Organización Mundial de la Salud declaró oficialmente a la emergencia de salud pública generada por el covid-19 como una pandemia el 11 de marzo del 2020. Esta nueva situación mundial obligó a gobiernos y organizaciones en todo el mundo a levantar medidas para mitigar los efectos de esta crisis. Entre las principales medidas tomadas se encontraron el aislamiento social por medio de cuarentenas distanciamiento físico restricción de movilidad viajes, suspensión de eventos masivos y en general toda actividad que involucrará contacto directo con grupo de varias o muchas personas. El uso de tecnologías se vio incrementado de forma abrupta por la necesidad de implementar medidas como el teletrabajo, debido a la reducción de la presencialidad por medio de las políticas de distanciamiento físico implementadas. Se puede pensar que está adopción masiva de tecnologías y transición a la modalidad de teletrabajo llevaría a una reducción de las inequidades digitales; sin embargo, se observa un comportamiento contrario, haciendo que estas inequidades se vean exacerbadas durante la pandemia.

Por medio de este trabajo se analizó la problemática de inequidad digital y uso de tecnologías de información durante la pandemia en Colombia haciendo uso de la dinámica de sistemas. Se realizó una recopilación de literatura sobre la problemática en el país, luego se identificaron variables clave para la construcción de una hipótesis dinámica para el problema. Posteriormente se construyó un diagrama de flujos y niveles y se ejecutaron simulaciones en distintos escenarios para mostrar y analizar la dinámica del problema y la influencia de políticas adicionadas al modelo. Se encontró que la capacidad de acceso, uso y apropiación de tecnologías de la información en la población se vio afectada por la reducción de la capacidad económica en esta, lo que generó un mayor índice de población sin capacidades en tecnologías de la información, incrementando la brecha digital durante la pandemia. Se encontró además que políticas como subsidios para apoyo a conservación de empleos durante la crisis ayudaron a disminuir el impacto negativo de la pandemia en el índice de población con capacidad económica. Se encontró que la reducción de los empleos presenciales ayudó a la reducción del riesgo de contagio por el virus, aunque perjudicó la capacidad económica de aquella población que no puede realizar transición hacia el teletrabajo. Se encontró que una política de flexibilización de retorno a la presencialidad contribuye a que la población inactiva o desempleada durante la crisis pueda volver a tener capacidad económica que le permita tener capacidad de acceso, uso y apropiación de tecnologías de la información, aunque a costo de un incremento en el riesgo de contagio debido al incremento de la presencialidad laboral. Se discutieron los resultados del modelo, trabajos similares en el área de investigación, limitaciones del modelo y oportunidades surgentes que pueden ser consideradas para trabajos futuros en el área.

CONTENIDO

RESUMEN **4**

INTRODUCCION **12**

1. MARCO TEÓRICO **23**

1.1 INEQUIDADES DIGITALES 23

1.2 COVID-19 Y TECNOLOGÍAS DIGITALES 25

1.3 DINÁMICA DE SISTEMAS Y MODELADO 26

1.4 ESTADO DEL ARTE 28

Inequidades digitales y la comunicación y el acceso a la información durante la pandemia. 29

Inequidades digitales en relación con el sector público y gobierno. 31

Work from home en tiempos de pandemia. 33

Recopilacion de literatura y trabajos sobre la problemática en Colombia. 35

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN APLICADA **39**

3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN **44**

3.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES CLAVE Y HORIZONTE DE TIEMPO 44

3.2 DEFINICION DE DINÁMICA DEL PROBLEMA (MODOS DE REFERENCIA) 48

3.3 GENERACIÓN DE HIPÓTESIS INICIAL Y FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS DINÁMICA 52

3.4 CONSTRUCCIÓN DE DIAGRAMA DE NIVELES Y FLUJOS 59

3.5 SIMULACIÓN DEL MODELO CON VALORES INICIALES 70

3.6 SIMULACIÓN DE EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE AYUDAS ECONÓMICAS AL EMPLEO DURANTE LA CRISIS 73

3.7 COMPARACIÓN CON ESTUDIOS RELACIONADOS 81

4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 84

5 CONCLUSIONES 87

6 TRABAJO FUTURO 89

BIBLIOGRAFÍA 91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Principios de diseño sistémico compartidos_____ 17

Tabla 2. Situación a mayo 2020 del teletrabajo en países de la región_____ 37

Tabla 3. Relación de pasos y actividades entre flujo de Ding et al. (2018) y Sterman (2000) para el proceso de modelado _____ 41

Tabla 4. Lista de actividades del proyecto de investigación _____ 43

Tabla 5. Variables claves identificadas _____ 45

Tabla 6. Descripción de los ciclos de realimentación del sistema _____ 58

Tabla 7. Alcance del modelo _____ 59

Tabla 8. Variables del modelo y unidades de medida _____ 61

Tabla 9. Ecuaciones de las variables en el modelo. _____ 69

Tabla 10. Valor definido para Subsidio PAEF (SPAEF) y nuevas ecuaciones para REP y RETT. _____ 75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de diseño de mapeo para desafiar la complejidad. 17

Figura 2. Niveles de la brecha digital. 21

Figura 3. Ciclo de vida de la dinámica de sistemas 39

Figura 4. Diagrama de flujo del modelado de dinámica de sistemas 40

Figura 5. Histórico de casos de COVID-19 por fecha de reporte en Colombia 47

Figura 6. Modos de referencia: Población con empleos por teletrabajo y empleos presenciales 49

Figura 7. Modos de referencia: Población empleada y población inactiva 50

Figura 8. Modos de referencia: % Personas con capacidad económica y % personas en crisis económica. 50

Figura 9. Registro de picos de contagio durante la crisis de pandemia en Colombia. 51

Figura 10. Modo de referencia: Riesgo de contagio por COVID-19 52

Figura 11. Diagrama influencias personas con capacidades TIC. 54

Figura 12. Población empleada afectada por políticas de distanciamiento físico. 55

Figura 13. Diagrama causal del problema. 56

Figura 14. Ciclos de refuerzo y balance en el diagrama causal. 58

Figura 15. Niveles y flujo de población. 63

Figura 16. Riesgo de contagio, población empleada y total población. 64

Figura 17. Índice de Población con Capacidad Económica. 64

Figura 18. Tasas afectando a los flujos, 66

Figura 19. Diagrama completo de flujos y niveles. 68

Figura 20. Configuración de parámetros del modelo en Vensim. 70

Figura 21. Ejecución de la simulación del modelo en Vensim. 71

Figura 22. Resultados simulación: Población con empleos por teletrabajo y Población con empleos presenciales 72

Figura 23. Resultados simulación: Población empleada y Población Inactiva o Desempleada. 72

Figura 24. Resultados simulación: Índice Población Con y Sin Capacidad Económica. 73

Figura 25. Resultados simulación. Riesgo de Contagio 73

Figura 26. Política de subsidio PAEF agregada al diseño del modelo. 76

Figura 27. Modos de referencia: Empleos Presenciales Empleos por Teletrabajo, con y sin PAEF. 77

Figura 28. Modos de referencia: Población empleada y Población inactiva con y sin PAEF. 77

Figura 29. Modos de referencia: Índices población con y sin capacidad económica, con y sin PAEF. 77

Figura 30. Modo de referencia: Riesgo de contagio por COVID-19 con y sin PAEF. 78

Figura 31. Ejecución de la segunda simulación del modelo en Vensim. 79

Figura 32. Resultados simulación 2. Población con empleos por teletrabajo y Población con empleos presenciales 79

Figura 33. Resultados simulación 2. Población empleada y Población inactiva o desempleada 80

Figura 34. Resultados simulación 2. Índices de población con y sin capacidad económica. 80

Figura 35. Resultados simulación 2. Riesgo de contagio 81

INTRODUCCION

El 11 de marzo del 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró oficialmente que la emergencia de salud pública ocasionada por el COVID-19 podía caracterizarse como una pandemia (OMS, 2020). Esta determinación otorgó a la crisis una dimensión global con impacto a gran escala en muchos contextos y escenarios alrededor del planeta[1]. El alcance de esta crisis terminaría generando efectos en distintos sectores de la sociedad, siendo ejemplo de estos el sector de la economía (Ozili y Arun, 2020), la agricultura (Siche, 2020), educación (Pragholapati, 2020) o el mismo sector salud (Sethi et al., 2020).

Organizaciones y gobiernos de todo el mundo se vieron forzados a implementar medidas con el objetivo de mitigar los efectos negativos de la crisis. El sector público, por ejemplo, no estaba preparado para escenarios generados por una crisis global como la de una pandemia. Para afrontar estos escenarios, se requieren habilidades y capacidades dinámicas para que los gobiernos puedan gestionar una pandemia. Estas cualidades están frecuentemente ausentes en los gobiernos, y se hacen más evidentes en una crisis global como la generada por el COVID-19 (Mazzucato y Kattel, 2020). La gestión de las tecnologías y plataformas digitales en medio de una crisis global permiten maniobrar de forma eficiente y competente las problemáticas generadas por la pandemia, y la forma en como diversos gobiernos afrontaron los desafíos que surgieron por esta haciendo uso de las tecnologías permite obtener una visual de cómo algunos países manejaron de mejor forma la crisis que otros (Lee et al., 2020).

Ante panoramas de aislamiento social y confinamiento presentes durante la pandemia, la necesidad de apropiación y uso de las tecnologías de información y comunicaciones se vio incrementada en todos los ámbitos, forzando de cierta manera la “universalización” del acceso a tecnologías digitales. Incontables medidas fueron tomadas durante esta pandemia para contener los efectos de la COVID-19 en nuestra vida diaria, y en la gran mayoría de ellas, la tecnología ha sido pieza estratégica y transversal para el análisis, planeación y ejecución de políticas para la protección de diversos sectores de la sociedad. En las etapas tempranas de la pandemia y a falta de una vacuna o droga para el control del virus, las estrategias implementadas se centraron en evitar al máximo el contacto físico en la población. Esto incluyó medidas de mitigación como aislamiento social a través de cuarentenas, restricción de la movilidad y de viajes, suspensión de eventos masivos y espacios con presencia numerosa de personas, entre otros (Ebrahim et al., 2020). Muchas instituciones y empresas efectuaron medidas orientadas a la

[1] Noticias ONU (2020). *Cronología de la pandemia del coronavirus y la actuación de la Organización Mundial de la Salud.* https://news.un.org/es/story/2020/04/1472862

disminución del riesgo de contagio y propagación del virus, siendo el trabajo remoto (Work From Home) una de las más adoptadas en las organizaciones.

La implementación de políticas de aislamiento social y cuarentenas requirió una rápida y masiva adopción de tecnologías en la población. Áreas donde la implementación de tecnologías digitales se había estancado o progresaba lentamente, presentaron una aceleración en su adopción durante la pandemia, destacando la telemedicina (citas y terapias en línea), el trabajo online, procesos de recopilación de datos, enseñanza y aprendizaje, e interconexiones sociales (Hantrais et al, 2021). Desafortunadamente, no todos los sectores poblacionales estaban preparados en aspectos como acceso a internet (Van Deursen, 2020), habilidades tecnológicas (Nguyen et al., 2021), o infraestructura en tecnologías de la información (García et al., 2020). En el contexto de pandemia, el uso y apropiación de tecnologías se presentaba más factible en ciertos grupos poblacionales que en otros (Bonacini et al., 2021), ocasionando un impacto directo en el incremento de las inequidades digitales en la población.

Las inequidades digitales fueron reconocidas como un riesgo global por el World Economic Forum en su reporte de riesgos globales para el año 2021[2]. Éstas se definen como "una nueva expresión de la desigualdad, en términos de las inequidades sociales en materia de acceso, uso y apropiación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)" (Alva de la Selva, 2015). En el nuevo escenario global originado por el COVID-19, el uso y apropiación de tecnologías de la información resultó fundamental para la reducción del impacto del virus, y ante la urgencia por contener los efectos de éste, su adopción se dio de forma acelerada e improvisada (Hantrais et al, 2021).

La problemática de inequidades digitales siempre ha existido, pero se ha visto especialmente exacerbada durante la pandemia. El COVID-19 ha mostrado cómo las poblaciones y sociedades alrededor del planeta no estaban preparadas para los impactos de una pandemia, y cómo la exposición al COVID incrementó los índices de inequidad digital, especialmente en la población vulnerable (Beaunoyer et al., 2020). Entender la naturaleza y la dinámica de este problema, particularmente en un contexto de pandemia, puede aportar elementos de valor que permitan implementar políticas y estrategias para la reducción de las brechas digitales existentes y exacerbadas durante la crisis pandémica.

Nuevos riesgos han emergido para la población con poco acceso a la tecnología durante la pandemia, y las inequidades digitales incrementadas por el COVID-19 acentúan la vulnerabilidad a estos. Estas inequidades – tanto digitales como sociales, han formado subgrupos significativamente más vulnerables que otros (Robinson et al., 2020). Considerando que en escenarios de crisis de salud como los generados por el virus del COVID-19 se buscó un distanciamiento físico, el uso

[2] World Economic Forum (2021). *The Global Risks Report 2021*(16th Edition). Autor. http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf

de tecnologías se hizo esencial para prevenir la exposición al contagio. Esto se relaciona con la multidimensionalidad del concepto de brecha digital planteado por Norris (2001), en el cual la dimensión de brecha social que aborda las diferencias en el acceso a TIC entre individuos según diferentes características – entre ellas la capacidad económica, se convierte en un elemento evaluador de la inequidad digital bajo esta dimensión.

Se han realizado pesquisas sobre las inequidades digitales y uso de tecnologías de información durante la pandemia, siendo utilizados diversos métodos de modelado tales como análisis estadístico de datos (Baker, 2020), modelación lineal jerárquica (Van Deursen, 2020) o modelos de regresión logística (Nguyen et al., 2021). Sin embargo, no se encuentra en la literatura reciente investigaciones donde se haga uso de herramientas como la dinámica de sistemas, la cual puede brindar un entendimiento y discusión de asuntos complejos (Radzicki, 1997). Características como retroalimentación, no linealidad, escala dinámica entre otras presentes en la problemática de brechas digitales y el uso de tecnologías durante la pandemia, permiten que puedan ser estudiadas como problemas de alta complejidad desde una perspectiva sistémica (Barlas, 2002). Esta problemática puede ser analizada en el contexto colombiano, donde los datos e información ya existente sobre el uso de tecnologías e implementación de estrategias durante la pandemia asientan las bases para la construcción de un modelo sistémico que refleje la relación entre las inequidades digitales y el uso de tecnologías durante la crisis del COVID-19.

Este trabajo de tesis presenta inicialmente el marco teórico que fundamenta el contexto de la problemática y las teorías principales de modelado de sistemas. A continuación, se presenta el estado del arte del estudio de las inequidades digitales durante la pandemia y la implementación del Work From Home en medio de la crisis. Luego, se presenta la metodología aplicada para la investigación y se comparten los resultados logrados con la construcción y simulación del modelo sistémico que representa la problemática. Posteriormente se realiza una discusión de los resultados, y se presentan las conclusiones resultantes de la investigación. Finalmente, se presentan algunas oportunidades de trabajo futuro que pueden ser consideradas para su posterior desarrollo.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Estudiar mediante un modelo de dinámica de sistemas la relación entre la inequidad digital y el uso de las tecnologías de información y comunicación en las organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una hipótesis dinámica que explique la relación entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación por parte de organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia.

- Diseñar un modelo de simulación que permita exponer la relación dinámica entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación por parte de organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia.

- Simular el modelo diseñado para evidenciar la relación dinámica entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación por parte de organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia.

- Evaluar el modelo de simulación construido mediante la comparación de las simulaciones con mediciones y resultados de estudios que aborden la relación entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación durante la pandemia del COVID-19 y proponer estrategias o recomendaciones con base en esta evaluación.

ANTECEDENTES

Se presentan antecedentes sobre diseño de modelos de simulación para el estudio de problemas de investigación que requieren un entendimiento sistémico. Estos abarcan un componente teórico sobre la perspectiva sistémica, aplicada a distintos entornos sociales de mayor o menor complejidad. Se resaltan algunas investigaciones realizadas en Colombia, donde la elaboración de un modelo sistémico ha sido clave para la consecución de sus objetivos, y permiten trazar referencias de cómo se ha abordado el diseño sistémico en el país. De igual forma, se muestran antecedentes relacionados con el estudio de la inequidad digital en el escenario de pandemia del COVID-19, que representa gran parte del contexto en el que se realizará el presente trabajo de investigación.

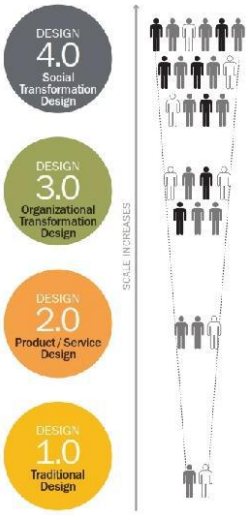
Antecedentes en teorías de diseño y modelación sistémica.

Realizar un diseño sistémico de una realidad social tiene un nivel de complejidad, que puede resultar mayor si consideramos el impacto de la pandemia del COVID-19 en un sistema social. En su trabajo "*Systemic Design Principles for Complex Social Systems*", Peter H. Jones (2014) hace un acercamiento entre la teoría de sistemas y el pensamiento de diseño para conectar los principios esenciales que ambas teorías tienen en común. Jones formula una relación en la que ambos dominios pueden coexistir dentro de uno solo, compartiendo unos principios y conocimientos que ofrecen una guía de cómo poner en práctica los conceptos principales del pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas, orientados en un buen entendimiento del pensamiento de diseño, permitiendo así recrear y modelar escenarios sistémicos de forma más consistente y coherente con lo que un buen diseño sistémico requiere para ofrecer resultados veraces y precisos.

En el caso de problemas sociales complejos de gran escala (tales como la pobreza, el cambio climático, violencia sociopolítica, entre otras), la necesidad de diseñar modelos y sistemas es aún más evidente. Este tipo de problemáticas emergen desde múltiples causas raíz y se interconectan a lo largo del tiempo (Jones, 2014). Jones resalta cómo los diseñadores contemporáneos están ahora más involucrados en problemas de este tipo, los cuales encajan dentro del dominio de diseño de transformación organizacional y transformación social defendidos por van Patter. Estos dos dominios hacen parte del mapeo de proceso de diseños en correspondencia con el nivel de complejidad requerido al momento de abordarlos. En la Figura 1 se vislumbran los cuatro dominios que Jones y van Patter (2009) exponen, desde el más simple hasta el más complejo, los cuales requieren diferentes niveles de entendimiento y capacidades para poder manejar la complejidad en la práctica del diseño. Para el diseño del modelo de simulación a ser construido como resultado de la presente investigación, los dominios 3.0 (diseño de transformación organizacional) y 4.0 (diseño de transformación social) son las principales referencias para tener en cuenta.

Entre los resultados y conclusiones de esta pesquisa, Jones propone una serie de principios que, sin duda representan una guía para la práctica sistémica a aquellos que busquen construir diseños sistémicos complejos. En la Tabla 1 se enlistan estos principios, los cuales Jones aclara son propuestos más para ser aplicados y adaptados, en vez de ser asumidos como una línea base fundamental (Jones, 2014):

Figura 1. Proceso de diseño de mapeo para desafiar la complejidad.



Fuente: Jones (2014).

Por su parte, Yaman Barlas (2002) en su trabajo "*System Dynamics: Systemic Feedback Modeling for Policy Analysis*" provee una perspectiva comprensiva de la metodología de dinámica de sistemas, donde incluye el marco de referencia propio de esta metodología, así como los aspectos técnicos del proceso de modelado y análisis. Barlas observa de forma muy acertada en su momento, cómo el mundo enfrenta cada vez más un amplio rango de problemas dinámicos, los cuales siguen incrementando su complejidad; problemas tanto del contexto público como del privado. Por medio de la disciplina de la dinámica de sistemas, estos problemas pueden dirigirse a través de políticas dinámicas de largo plazo (Barlas, 2002).

Tabla 1. Principios de diseño sistémico compartidos

Principios de diseño sistémico compartidos	
Idealización	Coordinación de retroalimentación
Valorar la complejidad	Ordenamiento del sistema
Búsqueda de propósito	Emergencia generativa
Encuadre de límites	Adaptación continua
Variedad en requisitos	Auto organización

Fuente: Jones (2014)

Barlas propone una metodología de modelado y uso de herramientas para poder realizar un estudio desde la dinámica de sistemas. Esta referencia puede ser consultada y contrastada para el desarrollo de la propuesta de diseño del modelo de simulación. Se resumen los principales pasos del método de dinámica de sistemas que plantea Barlas (2002):

a) Identificación del problema y definición (propósito)
b) Hipótesis dinámica y conceptualización del modelo
c) Construcción formal del modelo
d) Test de credibilidad del modelo (validación)
e) Análisis del modelo
f) Mejora del diseño
g) Implementación

En los modelos dinámicos sistémicos, es esencial distinguir entre dos tipos de variables: *stocks* y *flujos* (Barlas, 2002). Barlas ofrece un concepto sobre ambos tipos de variables, y además brinda una orientación sobre cómo identificarlas. De igual manera, resalta la importancia del rol de los *stocks* en el manejo de problemas de retroalimentación dinámica, además de indicar las dinámicas básicas *stock-flujos*. Conceptos como *efectos positivos y negativos* y *bucles de realimentación positivos y negativos* también son abordados por el autor. En resumen, la conceptualización ofrecida por Barlas en su proyecto, a pesar de ser de comienzos del siglo XXI, representa una entrada importante y relevante para el diseño del modelo de simulación a realizar.

Antecedentes de diseños sistémicos en Colombia.

En cuanto a antecedentes más recientes y enfocados al territorio colombiano, Becerra-Fernández et al. (2020) en su trabajo "*Modeling the natural gas supply chain for sustainable growth policy*" proponen un modelo dinámico sistémico para evaluar políticas alternativas de seguridad del suministro a lo largo de la cadena de valor del gas natural. El foco de estudio es la industria del gas natural colombiana, estableciendo como propósito evaluar cómo el impacto de las políticas públicas afecta la oferta y demanda del gas natural. Los autores plantean la problemática de cómo el gas natural ha sido usado a nivel global como un combustible transicional que soporta las estrategias de energías sostenibles y amigables con el medio ambiente, las cuales han sido cuestionadas por su intermitencia y falta de fiabilidad (Fernández et al., 2020).

Uno de los elementos importantes de esta investigación es el estudio de la dinámica de sistemas aplicada a la cadena de oferta del gas natural. Se realiza una pesquisa extensa sobre la literatura existente, probando cómo la metodología dinámica sistémica ha resultado útil para el apoyo de políticas y procesos de toma de decisiones. Pero es el modelado dinámico sistémico de la cadena de suministro del gas natural aplicado al caso colombiano lo que más representa significancia para

los objetivos de la investigación a realizar. Se identifican claramente una serie de pasos, similares a los propuestos por Barlas (2002) en algunos elementos, como los de conceptualización del modelo, la exposición de *stocks* y *flujos*, y calibración y validación del modelo, entre otros. A continuación, se enlistan los pasos considerados por Fernández et al. para el desarrollo de este diseño de modelo sistémico:

a) Conceptualización del modelo
b) Creación del diagrama de bucle causal (CLD)
c) Diagrama de stocks y flujos
d) Calibración y validación del modelo
e) Análisis de escenario en el modelo de demanda, transporte y producción del gas natural
f) Resultados y discusión del modelo

El modelo creado para este trabajo muestra cómo el modelado de políticas para el crecimiento sostenible de la cadena de suministro de gas natural puede ayudar a entender cómo se puede promover la exploración de nuevas fuentes, además de un balance de inversión en capacidades sobre los otros componentes que constituyen la cadena (Fernández et al., 2020). Si bien, existen limitaciones por la diferencia de las variables modeladas y los escenarios en los que se corrió el modelo, este trabajo es valioso al entregar un proceso de modelado de sistemas aplicado a la realidad colombiana.

En el trabajo investigativo denominado "*Strategic Dynamic thinking to manage public order: A systemic approach*", Parra et al. (2018) pusieron en práctica la dinámica de sistemas para desarrollar un marco que permitiera entender y aprender sobre los incidentes de orden público desde un punto de vista estratégico y aplicado a la realidad colombiana. En los territorios postconflicto que existen en el estado colombiano, grupos ilegales y al margen de la ley han intentado provocar incidentes de orden público con el fin de incrementar el control territorial de estas zonas y llevara a cabo actividades ilícitas que atentan con la paz y la seguridad de las poblaciones. Por medio del desarrollo de una hipótesis dinámica de trabajo y un modelo de simulación se realizó un entendimiento sistémico del problema en cuestión, el cual por sus características cuenta con una alta complejidad dinámica.

En esta investigación, Parra et al. (2018) trabajan con base en una serie de actividades que permiten representar los elementos estratégicos que mantienen una relación dinámica, teniendo en cuenta los recursos, la variable clave y las organizaciones implicadas en el problema. Se presenta una hipótesis dinámica de trabajo que conecta dinámicamente a los miembros de la fuerza pública y a los miembros de los grupos ilegales. Esta conexión se plasma mediante un bucle de realimentación negativa, que muestra cómo los miembros de la fuerza pública reducen los incidentes de orden público, y un bucle de realimentación positiva, basado en las actividades que los grupos al margen de la ley llevan a cabo. Con

base en la hipótesis de trabajo, construyen un diagrama de Forrester que complementa el marco desarrollado para el análisis y aprendizaje que puede ser aplicado en el manejo del orden público en ciertas zonas de Colombia. Este antecedente muestra otra forma de acercamiento sistémico a una problemática en Colombia, convirtiéndolo en otro elemento guía para el desarrollo del diseño de modelo de simulación.

Por otra parte, en su investigación denominada "*Systemic evaluation of a policy of volume flexibility in a papaya distribution supply chain*", Paredes y Salazar (2017) evalúan el impacto de usar la estrategia de flexibilidad de volumen sobre dos indicadores para el desempeño de la red de distribución, tales como los costos logísticos y el nivel de servicio. Por medio del uso y aplicación de los conceptos de dinámica de sistemas y simulación, se hace una visualización del flujo de información de los pedidos al por menor al fabricante, agregando retrasos (*delays*) a estos flujos. Los autores construyen un diagrama de Forrester para modelar la cadena de suministros de la papaya y realizar la simulación, tomando los resultados como base para hacer un análisis de sensibilidad, junto con un análisis de escenarios (escenario original y dos alternativos) para observar y evaluar el impacto de las estrategias y las asunciones en cada escenario dentro del modelo.

Los trabajos de Paredes y Salazar (2017), Parra et al. (2018) y Fernández et al. (2020) constituyen antecedentes más recientes sobre cómo problemas de alta complejidad dinámica han sido analizados, entendidos y modelados para su simulación. Un valor representativo de estos trabajos es el desarrollo de estos en el contexto de la realidad colombiana reciente, lo que hace que el trabajo a desarrollar con la presente investigación sea parte de una cadena de experiencias y mejoramiento en las capacidades y referencias en el área de dinámica de sistemas en el país.

Antecedentes en estudios de inequidad digital y escenarios de crisis del COVID-19

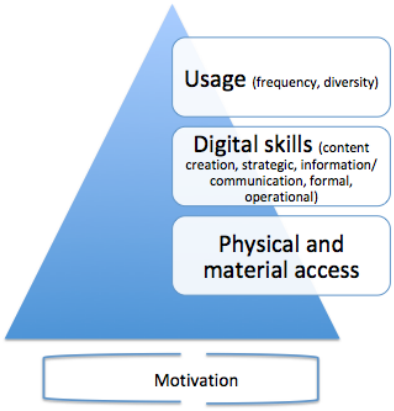
Con relación a antecedentes de investigaciones previas sobre la inequidad digital, Maceviciute y Wilson (2018) trabajaron en identificar las posibilidades para reducir los niveles dos y tres de la inequidad digital basados en la teoría de tres niveles de división digital de van Dijk (2012). La Figura 2 muestra los tres niveles en cuestión. Por medio de una revisión de literatura a través del análisis de contenido temático y teniendo como base esta teoría, se busca entender cómo por medio de la aplicación consciente de tecnologías digitales, y especialmente a través de la promoción de los canales digitales para información, entretenimiento e ilustración se pueden reducir los niveles mencionados.

El análisis realizado muestra las dificultades relacionadas a los intentos de reducir las divisiones digitales en el segundo y tercer nivel haciendo uso solamente de las intervenciones digitales, aunque también revelan el potencial de realizar esas

intervenciones. Los autores confirman a través de la revisión literaria la conexión de diferentes niveles de las divisiones digitales con otras inequidades estructurales y relacionales. Se proveen insumos alrededor de las debilidades y fortalezas al realizar intervenciones digitales que apunten a la reducción de las inequidades digitales. Se concluye que el éxito de estas intervenciones depende de las consideraciones del contexto y las necesidades de los participantes en esta, así como de estrategias cuidadosamente planeadas para realizarlas.

Zheng y Walsham (2021) analizan la inequidad digital en el contexto de la pandemia del COVID-19, el cual revela nuevas nociones sobre cómo debe plantearse el tema de inequidades digitales con nuevas perspectivas que no habían sido planteadas antes de la pandemia. Los autores buscan responder a la pregunta "¿Inequidad de qué?" desde una perspectiva interseccional, recopilando información de noticias, documentos de ONGs y publicaciones académicas relacionadas con el impacto social del COVID-19. De este estudio se obtiene como resultado una perspectiva interseccional que puede sensibilizar a investigadores digitales sobre incorporar en sus análisis el posicionamiento social de actores dentro de múltiples hegemonías, jerarquías y sistemas de poder. Una de las conclusiones más importantes de los autores en esta investigación es que las inequidades digitales no operan a lo largo de ejes independientes de división, sino que más bien interactúan y se conectan entre ellos; razón por la que sus impactos deberían ser estudiados por los investigadores de sistemas de información y cualquier involucrado en general, desde una forma interseccional y a través de múltiples perspectivas.

Figura 2. Niveles de la brecha digital.



Fuente: Maceviciute, E., & Wilson, T. D. (2018)

Por su parte, Beaunoyer et al. (2020) plantean que las inequidades digitales siempre han existido, pero que éstas se han exacerbado de forma calamitosa a raíz de la pandemia. Estas inequidades digitales empeoran dentro de la población y hacen que representen un riesgo mayor de vulnerabilidad de exposición al virus del

COVID-19. Por medio de la descripción de qué tan determinantes son las inequidades digitales en la salud; luego una posterior investigación de cómo el COVID-19 potencia las inequidades, y finalmente cómo estas inequidades digitales potencian la vulnerabilidad de la población al virus, los autores realizan una propuesta con un conjunto de estrategias multicapa que contribuyan a la mitigación de la crisis ocasionada por la pandemia del COVID-19.

Los investigadores concluyen que el COVID-19 ha mostrado cómo el mundo no estaba preparado para los impactos sociales de una crisis a nivel global como la que se ha visto por la pandemia. Se resalta la necesidad de una serie de intervenciones políticas y comunitarias para fortalecer las redes de seguridad social, las cuales pueden servir de soporte para la población más vulnerable y que pueden ayudar en la prevención tanto de la vulnerabilidad a la pandemia como las inequidades en la salud de los grupos sociales.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 INEQUIDADES DIGITALES

Las inequidades digitales, abordadas como un riesgo global por el World Economic Forum en su reporte de riesgos globales para el año 2021[3], son definidas como "una nueva expresión de la desigualdad, en términos de las inequidades sociales en materia de acceso, uso y apropiación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)" (Alva de la Selva, 2015). El uso del término "inequidades sociales" muestra que este no se trata exclusivamente de un problema de contexto tecnológico o de conectividad.

Esto lo resaltan Skuse et al. (como se cita en Medina et al., 2017), al mencionar que esta problemática vista desde la concepción de brechas digitales "es algo más que el acceso físico a las tecnologías digitales", al verse involucrados otros elementos como la relación entre las propias tecnologías, las capacidades de apropiación y el contexto. Se requiere entonces un entendimiento de cómo es la interacción entre los individuos pertenecientes a una sociedad con las tecnologías de la información, y no sólo un análisis cualitativo de cómo están distribuidas las tecnologías en un sector demográfico o espacial específico.

Los primeros acercamientos a este concepto se dieron en los años 80, por medio del informe de la Unión Internacional de Comunicaciones (UIT), titulado "El Eslabón Perdido" - también conocido como el Informe Maitland, el cual apuntó a cómo se estaba presentando en ese entonces un marcado desequilibrio en relación con el acceso telefónico entre los países industrializados, en comparación con los países en vía de desarrollo[4]. El informe señala cómo para ese momento existían unos 600 millones de teléfonos fijos en el mundo, estando inequitativamente distribuidos: los nueve países más industrializados de la época tenían la concentración de las tres cuartas partes de estos teléfonos, estando repartidos de forma desigual en los demás países, llegando a menos de una línea fija por cada 500 habitantes en los países más pobres del África subsahariana.

Por su parte, Norris (2001) estudia la idea desde una perspectiva multidimensional planteada desde tres aspectos: brecha global – haciendo referencia a la divergencia en el acceso a Internet entre países industrializados y en vía de desarrollo; brecha democrática – que considera las diferencias entre los que hacen y no uso de los recursos digitales para involucrarse en asuntos públicos; y la brecha social – con relación a la brecha entre ricos y pobres en información dentro de una misma

[3] World Economic Forum (2021). *The Global Risks Report 2021*(16th Edition). Autor. http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf

[4] Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT]. (2005). *Cumbre Mundial Sobre la Sociedad de la Información Ginebra 2003 – Túnez 2005.*

nación. Es precisamente este último tipo de brecha digital que destaca Norris la que hace eco de las diferencias en el acceso entre distintas regiones, grupos sociales y entre individuos según su sexo, su nivel educativo, su raza, su lugar de residencia y su capacidad económica (como se cita en Robles y Molina, 2007). Esta última es la que se toma como referencia en esta investigación para medir la inequidad digital en la población, con base en la densidad poblacional que cuenta con capacidad económica durante la crisis, y que permitirá que pueda obtener capacidad de acceso, uso y apropiación de TIC durante la pandemia .

Desde sus primeras manifestaciones hasta el presente, y siendo la brecha digital un fenómeno relativamente nuevo, “en la medida en que fue revelando su complejidad, su conceptualización se ha modificado” (Alva de la Selva, 2015). Inicialmente, se relacionó esta problemática con la conectividad, particularmente con la posibilidad de acceso a internet, situando el problema en un contexto de acceso a tecnologías que puede ser resuelto por la ampliación de la infraestructura tecnológica, las conexiones y la disponibilidad de equipos; existen investigaciones y trabajos académicos que continúan asumiendo ese concepto de brecha digital. Pero, como remarca Meneses (2015), “la brecha digital no es sólo cuestión de conectividad”. Para este trabajo de investigación, la orientación será clara en entender la problemática de las inequidades digitales visto más allá del enfoque de entendimiento solamente a través de la perspectiva de acceso a internet y conectividad.

Algunos autores han realizado aproximaciones cuantitativas para el entendimiento del problema, haciendo caracterización y uso de variables sociodemográficas, clasificaciones, datos y técnicas estadísticas. Arquette (2001), por ejemplo, construye un marco analítico para estructurar la investigación sobre brechas digitales partiendo de tres hipótesis: 1) Existe una brecha digital en la infraestructura en los sistemas de información y comunicaciones (SIC), 2) Existe una brecha digital en el acceso a los SIC, y 3) Existe una brecha digital en el uso de los SIC. Con base en estas hipótesis, Arquette plantea una cuarta, que resume que existe una brecha digital producto de la suma de la infraestructura, acceso y uso de los SIC. Para cada uno de estos elementos, ella presenta una serie de indicadores usados para medir la infraestructura, el acceso y el uso de los SIC en los 174 países con datos disponibles y que fueron objeto de esta investigación. Se aprecia una estrategia de clasificación que permite observar una perspectiva cuantitativa sobre el problema de brechas digitales.

Haciendo uso de variables que permiten la cuantificación de los estudios concernientes a las inequidades digitales, y considerando escenarios más recientes como el de la pandemia del COVID-19, trabajos como los de van Deursen (2020), Nguyen et al. (2021), Beaunoyer et al. (2020) y Robinson et al. (2020) permiten identificar y abstraer variables sociodemográficas que permiten realizar un mapeo de escenarios de la inequidad digital tales como el sexo, la raza, la edad, el nivel educativo, los ingresos, lugar de residencia, acceso y habilidades en internet. Estas

variables, en conjunto con datos y estadísticas relacionadas con el COVID-19 y el uso de tecnologías de información y comunicación durante la pandemia ayudan en la creación de escenarios donde se puedan modelar realidades sociodemográficas relacionadas con las inequidades digitales.

1.2 COVID-19 Y TECNOLOGÍAS DIGITALES

El COVID-19 ha sido seguramente el tema de mayor escala en medios de comunicación en lo que va de la década en curso. En diciembre del año 2019, la OMS tuvo conocimiento por primera vez de la existencia del virus, al ser informada de un grupo de casos con síntomas de "neumonía vírica" declarados en Wuhan (República Popular China)[5]. Con el paso de las semanas, más casos se fueron identificando en el mundo, hasta que finalmente fue declarada la emergencia como una pandemia el 12 de marzo del año 2020. Si bien, se han planteado diversas hipótesis sobre el origen del virus, los datos genéticos no apoyan las vertientes de pensamiento que creen que el virus SARS-Cov-2 (COVID-19) es producto de manipulaciones de laboratorio como se llegó a pensar en algún momento (Ciotti et al., 2020). Existe una amplia literatura relacionada con el COVID-19 desde un punto de vista médico, la cual no será abordada en este trabajo dado el enfoque al entendimiento de los efectos e impacto del virus en la sociedad, y no a la comprensión del virus como tal.

Durante la pandemia, el incremento en el uso de las tecnologías digitales ha sido notable. Se han tomado medidas y políticas para la mitigación de los efectos del virus en las personas, y estas se han soportado en las tecnologías de información y comunicaciones. Brodeur et al. y Qiu et al. (como se cita en Bonacini et al., 2021) resaltan que la mayoría de los gobiernos en países desarrollados decidieron suspender muchas actividades económicas y restringir la libertad de movilidad de la población con el fin de limitar el número de muertes y hospitalizaciones por causa del coronavirus.

Bajo este contexto, el COVID-19 forzó la implementación de estrategias como el Work From Home y el permanecer en casa. Por supuesto, esto condicionó a muchos empleados a evaluar si podían desempeñar o no sus responsabilidades desde casa al someterse a este tipo de medidas (Yasenov, 2020; Baker, 2020). Es necesario conocer y entender cómo estas medidas beneficiaron – o perjudicaron a ciertos grupos poblacionales más que a otros bajo condiciones de crisis globales como la del virus del COVID-19, y cómo se presentaron condicionamientos en el uso de

[5] Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2020, 10 de noviembre). *Información básica sobre la COVID-19. https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19*

tecnologías durante este tiempo de pandemia, siendo estas esenciales para la implementación masiva de iniciativas como la de Work From Home.

Aunque existe una gran gama de posibilidades en herramientas tecnológicas que pueden ser usadas para contener los efectos del COVID-19, es poco el efecto positivo de su uso si el contexto donde estas se implementen tiene falencias en infraestructura y capacidad tecnológica y digital. En regiones como Latinoamérica se evidencia este fenómeno, donde “el retraso en la conectividad y digitalización de los países de América Latina y el Caribe ha agravado drásticamente las consecuencias económicas y sociales de la COVID-19” (García et al., 2020). Muchas herramientas digitales fueron desarrolladas en la década pasada, y hoy pueden ser usadas para contrarrestar el impacto del COVID-19 en la sociedad (Ting et al., 2020).

El nivel de coordinación y manejo de datos requerido para la implementación de estrategias efectivas haciendo uso de las tecnologías se ha sostenido en la adopción de estas tecnologías digitales y su integración en la creación de políticas y cuidado de la salud (Whitelaw et al., 2020). Los investigadores plantean un marco de aplicación de tecnologías digitales para el manejo y respuesta a una pandemia, resaltando las formas en las cuales algunos países han adoptado estas tecnologías de forma exitosa para la planeación, vigilancia, pruebas, rastreo de contactos, cuarentena y cuidado de la salud. Tecnologías como Machine Learning/Deep Learning, Big Data y analítica, infraestructuras para computación de alto rendimiento entre otras son mostradas por He et al. (2021) como factores importantes en la construcción de soluciones contra el impacto del virus, en integración con tres elementos clave: datos, personas y sistemas.

Gasser et al. (2020) realizan un interesante análisis sobre las herramientas digitales usadas para combatir los efectos del COVID-19, donde apuntan que “la recopilación y el procesamiento de datos a través de tecnologías digitales de salud pública están siendo promovidas por los gobiernos en todo el mundo y compañías privadas”. Sin embargo, los mismos autores plantean los desafíos éticos y legales del uso de estas herramientas, lo cual representa un aspecto importante para tener en cuenta al momento de hacer uso de las tecnologías. Soluciones a corto término pueden crear o incrementar otros riesgos relacionados con las tecnologías digitales en el mediano y largo plazo.

1.3 DINÁMICA DE SISTEMAS Y MODELADO

La dinámica de sistemas permite de cierta forma “pensar fuera de la caja” cuando se trata de comprender realidades complejas que pueden modelarse y simularse de forma sistémica para su posterior intervención. La concepción de políticas suele

asumirse por la mayoría de las personas “en términos del número de componentes en un sistema o el número de posibilidades que alguien debe considerar al momento de tomar una decisión” (Sterman, 2002). Es importante un entendimiento de este término para hacer una aproximación a su relación con la dinámica de sistemas.

Doebelin (1998) hace un acercamiento a la definición de la dinámica de sistemas como algo que “de alguna manera debe tratar con el comportamiento variable en el tiempo de componentes conectados”. Radzicki (1997) la define como “una poderosa metodología y técnica de modelado de simulación por computadora para el enmarcamiento, entendimiento y discusión de problemas y asuntos complejos”. Una de las definiciones clásicas es la dada por el que es considerado “padre de la dinámica de sistemas”, Jay Forrester (como se cita en Ramage y Shipp, 2020) menciona:

> La dinámica de sistemas se ocupa de cómo cambian las cosas a través del tiempo, que incluye mucho de lo que la mayoría de la gente considera importante. Utiliza simulación por computadora para tomar el conocimiento que ya tenemos sobre los detalles en el mundo que nos rodea y para mostrar por qué nuestros sistemas sociales y físicos se comportan como lo hacen. La dinámica de sistemas demuestra cómo la mayoría de nuestras propias políticas de toma de decisiones son la causa de los problemas de los que normalmente culpamos a los demás, y cómo identificar las políticas que podemos seguir para mejorar nuestra situación.

Al hablar de dinámica de sistemas, explícitamente estamos interactuando con el concepto mismo de sistema. Levine & Fitzgerald describen un sistema (como se cita en Hirsch et al., 2007), como “un todo funcional, compuesto por un conjunto de componentes, acoplados entre sí para funcionar de una manera que podría no ser evidente a partir del funcionamiento de los componentes separados”. En la práctica, la dinámica de sistemas permite el modelamiento de realidades y escenarios complejos. Hirsch et al. (2007) definen el modelado de dinámica de sistemas como “un enfoque de investigación para la acción para estudiar sistemas complejos, tales como familias, organizaciones, y comunidades”.

Dentro del desarrollo y trabajo que se realiza en la dinámica de sistemas, los modelos toman un rol muy relevante. Como establece Radzicki (1997), los modelos “son simplificaciones de la realidad y (usualmente) ayudan a las personas a clarificar su pensamiento y mejorar su entendimiento del mundo”. Los modelos además permiten entender el impacto de realizar intervenciones e iniciativas en los sistemas y realidades que se modelan. Parra (2011) destaca como los elementos más importantes de un modelo en dinámica de sistemas los siguientes: niveles, flujos y funciones de decisión.

Existen diversas herramientas para la simulación, estando entre las más destacadas Ithink, Stella, Vensim y Powersim (Parra, 2011). Los pasos fundamentales para el

desarrollo del enfoque de dinámica de sistemas según Sterman (como se cita en Parra, 2011) son:

- Articular el problema.
- Desarrollar una hipótesis dinámica que explique la causa del problema.
- Construir un modelo de simulación por computador.
- Evaluar si el modelo reproduce el comportamiento observado en el mundo real.
- Diseñar y evaluar políticas para aliviar el problema.
- Implementar la solución.

Es común encontrar en la literatura definiciones sobre la relación entre la dinámica de sistemas y el desarrollo e implementación de políticas. Como resaltan Hirsch et al. (2007), “la dinámica de sistemas se basa en diversas fuentes de datos y en técnicas de procesos grupales para desarrollar simulaciones por computadora que permiten la experimentación virtual con políticas para cambios en los sistemas”. En ese sentido, gran parte del objetivo al usar la dinámica de sistema es adquirir una comprensión de una realidad modelada sistémicamente para poder desarrollar políticas que permitan intervenirla según se precise y se planeen resultados esperados.

De ahí que la aplicabilidad de la dinámica de sistemas sea amplia, siendo usada como recopilan Thompson y Bank (2010) en una gran variedad de áreas de las ciencias sociales y la ingeniería tales como el estudio del manejo de conflictos, inestabilidad política, organización en el programa espacial de Estados Unidos, tendencias históricas en arquitectura mundial, disponibilidad de recursos materiales para la construcción, manejo de cadenas de suministro, sistemas energéticos, entre otros. Dada la escala global del impacto del COVID-19, el modelado de sistemas representa una herramienta clave para la comprensión de la complejidad dinámica en las inequidades digitales y el uso de las tecnologías de información y comunicaciones durante esta pandemia. Los resultados de trabajar el enfoque sistémico ofrecen información valiosa para el desarrollo de políticas que permitan reducir la problemática de inequidades digitales en el corto, mediano y largo plazo.

1.4 ESTADO DEL ARTE

Durante los últimos meses, la reciente pandemia del COVID-19 ha traído consecuencias profundas en diversos sectores de la sociedad, dejando en evidencia, entre otros, al sector productivo de la economía, que se ha visto forzado a realizar transformaciones digitales en el núcleo de sus operaciones y modelos de negocio para contrarrestar los efectos de la crisis por el virus (Savić, 2020). Este

escenario de pandemia ha mostrado que, para una crisis de tal magnitud como la generada por el COVID-19, el sector productivo no estaba preparado o en condiciones de afrontarla. El actuar de algunos gobiernos alrededor del mundo estuvo direccionado por la implementación de medidas que salvaguardaran la vida de las personas, al tiempo que se buscaba la minimización de los impactos de la pandemia en diversos segmentos empresariales y de negocios que asegurarían la continuidad de los ingresos para las organizaciones y su fuerza laboral (NU. CEPAL, 2020).

El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (T.I.C) ha representado un factor clave para lograr que la dinámica de las empresas y los gobiernos no haya sucumbido de forma drástica ante los efectos de la pandemia, haciendo que éstas se transformen, adapten y/o evolucionen hacia las tendencias digitales del presente. Sin embargo, este proceso de adaptación a ritmo rápido y sin planes de acción definidos para escenarios de crisis ha exacerbado las inequidades digitales en todo el planeta, lo cual deja muchas experiencias y antecedentes sobre la forma en que ha sido manejada la pandemia y el impacto de las acciones tomadas en el incremento de la inequidad digital (Hantrais et al, 2021).

La realización de este estado del arte se presenta desde el análisis del impacto de acciones tomadas por empresas y gobiernos en distintos países en relación con el uso de las TIC para la contención de los efectos del COVID 19 en los entornos donde éstas se desenvuelven, así como la interacción de diversos sectores poblacionales con tecnologías de información durante la pandemia. lo que permitirá realizar caracterizaciones e identificación de variables para el diseño del modelo de simulación objetivo de la presente investigación. Además, se muestran las referencias relacionadas a las investigaciones y artículos relacionados con el manejo de la pandemia en Colombia y la implementación de medidas en materia de tecnologías de la información para mitigar los efectos del COVID-19.

Inequidades digitales y la comunicación y el acceso a la información durante la pandemia.

Nguyen, et al. (2021) trazan el problema investigativo de, cómo en medio de una crisis pública con las características de una pandemia, no todos serán capaces de incrementar la comunicación por medios digitales, considerando que, en la situación generada por el virus del COVID-19 se busca un distanciamiento físico. A través de una encuesta realizada a ciudadanos de Estados Unidos en las etapas tempranas de la pandemia y aplicando modelos de regresión logística en los datos, se encontró que las personas privilegiadas por su condición socioeconómica, sus habilidades de internet y sus experiencias de comunicación online, tendrían más posibilidades de incrementar sus comunicaciones e interacciones digitales durante la pandemia.

Los autores concluyen que las inequidades digitales ponen en mayor riesgo de disminución de contacto social durante una crisis de salud pública, a grupos

desaventajados debido a su condición socioeconómica, habilidades y experiencias en internet. Este estudio refleja cómo las inequidades digitales pueden crecer en estos sectores poblacionales, y permite analizar puntos estratégicos para la caracterización de sectores poblacionales y fuerza laboral en escenarios de aislamiento social general.

Por su parte, He, Zhang y Li (2021) plantean que a raíz de la pandemia del COVID-19, se identifica una urgente necesidad de tener un mayor entendimiento sobre qué roles pueden jugar los sistemas de información y los investigadores en tecnología durante la pandemia. Los autores realizan un análisis de las tecnologías emergentes usadas para mitigar las amenazas generadas por el virus del COVID-19, así como de los desafíos relevantes para el diseño, desarrollo y uso de tecnología en medio de la pandemia. Este análisis permite una identificación de características y variables en tecnologías que pueden ser útiles para la construcción del modelo de simulación.

Entre las principales conclusiones se encuentra que el uso de las tecnologías puede ser muy útil para reducir la severidad del impacto de la pandemia en personas, organizaciones y la sociedad misma, aunque involucrando desafíos relacionados con la seguridad y privacidad de la información, elementos éticos y la misma brecha digital que actualmente existe. Se resalta que la experiencia con el COVID-19 puede ser muy útil para afrontar escenarios futuros de crisis de salud con escala global. Además, se identifica que resolver este tipo de amenazas hacia la sociedad requiere considerables inversiones, así como recursos humanos debidamente capacitados. La investigación también entrega recomendaciones para escenarios post pandemia, donde la tecnología y el recurso humano incrementan su relación y aumentan las oportunidades de reducción de inequidades digitales en el mundo.

Van Deursen (2020) realiza un estudio relacionado con las investigaciones sobre inequidad digital, donde éstas muestran que el acceso a internet no está distribuido equitativamente entre la población en general, convirtiéndose el acceso a información sobre la pandemia y comunicación por causa de esta una necesidad pública. A través de una encuesta web realizada a personas de Países Bajos mayores de 18 años y usando modelación lineal jerárquica, se provee un entendimiento de cómo diferentes personas usan el internet para suplir las necesidades de información y comunicación, y los resultados que estas personas obtienen del uso de internet con relación a la pandemia del COVID-19.

Como resultado de este estudio, varios grupos de personas fueron identificados como vulnerables: adultos mayores, población con bajo índice de alfabetización, personas con problemas de salud física, bajos niveles de lectura o habilidades de internet. Se encontró además que aquellos individuos relativamente aventajados respecto de estas condiciones poblacionales suelen aprovechar mejor las oportunidades de información y comunicación proveídas por Internet para su beneficio durante una pandemia, mientras que las menos aventajadas están con

menos probabilidad de beneficiarse. Con estas conclusiones se identifican patrones y variables que hacen que la crisis del COVID-19 refuerce las inequidades ya existentes, ahondando en mayor medida en las inequidades digitales, elemento clave en el análisis sistémico a desarrollar.

García et al. (2020) estudian el impacto de la infraestructura digital tanto en las consecuencias del COVID-19 en la población de Latinoamérica y el Caribe, como en la mitigación de efectos futuros. En esta investigación, los autores hacen un análisis de la conectividad en el hogar y móvil en los países estudiados, considerando además el uso del internet entre países de Latinoamérica. Se resaltan las dificultades que ha enfrentado la región durante la pandemia, las cuales están directa y estrechamente vinculadas a la brecha digital de las economías de América Latina y el Caribe.

El estudio también examina cómo las telecomunicaciones cumplen un papel importante en el mantenimiento de la actividad económica durante la pandemia. Mediante la separación y análisis en tres etapas (crisis, recuperación y nueva normalidad) se muestran resultados estadísticos del uso de tecnologías de información para telecomunicaciones en relación con el teletrabajo, el comercio digital, la educación en casa y la medicina digital en la región. Por último y entre las conclusiones de este estudio, se hacen recomendaciones de políticas públicas que los gobiernos deben gestionar para escenarios de recuperación y nueva normalidad por la pandemia.

Este estudio incluye estadísticas y resultados del uso de las telecomunicaciones durante la pandemia en Colombia, que además puede ser contrastada con la información en otros países de la región, lo cual es de significancia para esta investigación y el diseño del modelo de simulación.

Inequidades digitales en relación con el sector público y gobierno.

En medio de la crítica situación global ocasionada por la pandemia, se requieren encontrar modelos, estrategias y ejemplos de buenas prácticas y decisiones para contrarrestar los efectos negativos del COVID-19. Lee et al (2020) realizan un análisis de las estrategias y el modelo que Corea del Sur ha implementado durante la pandemia y que pueden tomarse como lecciones para otros países, en especial aquellos en vía de desarrollo. Los autores encuentran que, si bien el modelo surcoreano puede ser difícil de emular - incluso para países potencia como Estados Unidos y Reino Unido, éste provee importantes implicaciones en implementación de políticas para países desarrollados.

También se concluye la necesidad de resaltar y fortalecer tres competencias clave: *tecnología digital, gobernanza eficiente de la salud* y *alianzas cívicas*. Si bien, los autores no profundizan en cómo se puede consolidar la tecnología digital como competencia en un país en vía de desarrollo, se destaca la referencia a este

elemento como factor diferenciador para la creación de estrategias y políticas en países desarrollados donde se puede combatir la inequidad digital en diversos escenarios posteriores a la pandemia. El análisis de las lecciones de este estudio para países en vía de desarrollo permite hacer un contraste con las medidas y acciones implementadas en Colombia en relación con COVID-19 y Tecnologías de la Información.

Mazzucato y Kattel (2020) efectúan en su investigación una revisión de las habilidades y capacidades dinámicas requeridas para que los gobiernos puedan egestionar los efectos de una pandemia, y que frecuentemente están ausentes en los mismos. Por medio del análisis de las respuestas de algunos gobiernos a situaciones y desafíos generados por el COVID-19, se tienen como resultados consideraciones con relación a la capacidad que debe ser desarrollada por el sector público en un mundo post-COVID-19. Entre estas capacidades, la de gobernar datos y plataformas digitales refuerza la concentración de estrategias que deben existir en el sector público para reducir las brechas ocasionadas por las inequidades digitales exacerbadas por el virus. Estas capacidades ausentes en el análisis y propuestas como relevantes en la conclusión por los autores pueden también ser consideradas en el diseño del modelo a construir.

Robinson et al. (2020) realizaron un estudio de las iniciativas de inclusión digital en países de América y el Caribe, a través de una perspectiva comparativa entre las iniciativas nacionales de los países de estudio. Esta investigación dio como resultado varios indicadores importantes que deberían ser tenidos en consideración para futuras iniciativas de inclusión digital, y que generan referencias importantes para la creación de políticas públicas como pilar para la reducción de las inequidades digitales, en especial la identificación de tres elementos que estas políticas deben incluir (redes, dispositivos y provisión de habilidades) para una reducción efectiva de las brechas de acceso a tecnologías digitales, haciendo énfasis en las fuerzas laborales urbanas y rurales.

El estudio concluye que existe una urgente necesidad de estrategias de inclusión en el corto y largo plazo, haciendo enfoque en cómo deberían ser planteadas estas estrategias en cada uno de estos términos. Los detalles y resultados de las iniciativas estudiadas serán una referencia importante para la presente investigación.

Calderón y Escobar (2021) realizan un ensayo donde analizan el impacto de la COVID-19 en Colombia desde lo social, lo político y lo económico. Por medio del análisis de la información surgente como consecuencia de los nuevos escenarios sociales, económicos y culturales en medio de la pandemia, los autores realizan conclusiones importantes sobre la transformación de algunos escenarios del sector económico nacional, referenciando estadísticas sobre el incremento del desempleo durante la crisis de la COVID-19, medidas tomadas por el gobierno colombiano para contrarrestar estos efectos, y principales sectores impactados por la nueva realidad

de la pandemia. Este ensayo permite una visual más clara sobre la dinámica de respuesta a la COVID-19 en territorio colombiano, con la identificación de variables y características importantes para la construcción del modelo de simulación.

Yates (2020) explora cómo la pandemia de la COVID-19 ha resaltado los problemas de exclusión e inequidad digital, que, si bien no son nuevos a raíz de la pandemia, se han hecho más evidentes por causa de ésta. El alcance de su estudio abarca la región de la ciudad de Liverpool (LCR), recopilando datos de investigaciones previas para identificar diferentes tipos de usuarios digitales y su distribución demográfica, identificando aquellos grupos que han tenido los mayores desafíos digitales durante la pandemia. Como conclusión se sugieren varias recomendaciones en materia de intervenciones políticas sobre cómo abordar la exclusión digital en LCR, que servirán de direccionamiento en el modelado sistémico resultante de la presente investigación, haciendo énfasis en el sector público y de gobierno dentro del diseño de modelo a construir.

Work from home en tiempos de pandemia.

Bonacini et al. (2021) presentan cómo en el contexto de la pandemia y la COVID-19, el Work From Home (WFH) representa la única opción de continuar trabajando, al tiempo que se minimiza la exposición al virus. Sin embargo, implementar WFH como la "nueva normalidad", trae una disparidad en los beneficios de los empleados en Italia, país donde se realiza el estudio. Por medio de métodos de regresión de función de influencia se exploran las potenciales consecuencias en la distribución de ingresos laborales, relacionada con el incremento a largo plazo de la factibilidad de WFH entre los empleados del país.

La principal conclusión de este estudio está centrada en cómo el WFH puede convertirse en una solución a largo plazo para mantener los trabajos y la fuerza laboral en las organizaciones. Sin embargo, se revela que implementar WFH genera riesgos de exacerbar las inequidades preexistentes en el mercado laboral. Este estudio pone al Work From Home como una alternativa para combatir los efectos de una crisis global como la pandemia, y constituye un antecedente importante para analizar el impacto del WFH en la reducción de las inequidades digitales.

No todos los empleados cumplen con las condiciones para hacer WFH, ni todos los empleos son aptos para ser realizados desde casa. Yasenov (2020) realiza una identificación de segmentos en la fuerza laboral de Estados Unidos que pueden trabajar de forma plausible desde sus casas. Mediante una conexión entre datos de ocupación obtenidos de la Occupational Information Network (O*NET) – programa del gobierno estadounidense que ofrece fuentes primarias sobre información ocupacional[6], y la American Community Survey (ACS) – estudio anual realizado en Estados Unidos con información sobre empleo, ocupaciones, entre otros elementos

[6] O*Net Resource Center. *About O*NET.* https://www.onetcenter.org/overview.html. Consultado el 15 de septiembre 2021.

estadísticos relevantes[7], el autor encuentra que los empleados con menor salario tienen hasta tres veces menos probabilidades de poder realizar WFH, respecto a aquellos que poseen mayores salarios. Además, encuentra que los empleados con características como bajo nivel de educación, adultos jóvenes, minorías étnicas e inmigrantes también están ubicados en empleos con menor probabilidad de ser desempeñados desde casa. Estos rasgos sirven como soporte para una caracterización de perfiles relevantes a ser tenidos en cuenta para el modelado de escenarios donde el WFH tenga mayor relevancia en el mundo posterior a la COVID-19.

Baker (2020) realiza una caracterización ocupacional de cara a los riesgos que se han visto incrementados durante la pandemia de la COVID-19. En su trabajo plantea que no todos trabajadores tienen ocupaciones que les permitan realizar WFH, por lo que están en un riesgo mayor de exposición a enfermedades infecciosas durante una crisis de salud pública como una pandemia, así como a experimentar eventos de desplazamiento laboral y disrupción durante todos los tipos de emergencias de salud pública. Con la caracterización, la autora identifica los sectores ocupacionales en Estados Unidos que tienen mayor predisposición a la realización de WFH durante una crisis de salud pública como la ocasionada por la COVID-19. Para este proceso, hace una interrelación entre los datos a nivel nacional sobre salarios y empleabilidad del año 2018 mantenidos por el Bureau of Labour Statistics (BLS) de Estados Unidos, y datos de la O*NET. Los medibles de este estudio clasifican la importancia del uso de una computadora en el trabajo, y la importancia de trabajar con personas en público, lo que se relaciona con la capacidad de completar el trabajo desde casa.

Entre otras cosas, esta investigación concluye que la mayoría de los trabajadores en Estados Unidos (cerca del 75%) tienen empleos que no pueden ser realizados en casa, incrementando el riesgo de resultados de salud adversos con relación a trabajar durante una crisis de salud pública. Las caracterizaciones hechas en esta investigación y parte de los resultados concluyentes como el mencionado anteriormente sirven de entrada para identificar sectores poblacionales en los que medidas de WFH pueden tener mayor o menor impacto, de cara a la visión tanto en retrospectiva como prospectiva del estudio a realizar.

Núñez (2020) realiza una monografía donde examina la modalidad de teletrabajo como una alternativa laboral en las organizaciones en Colombia, en escenarios posteriores a la crisis sanitaria de la COVID-19. En este trabajo se realiza una compilación y análisis de documentos y datos estadísticos, además de una revisión de la normativa que regula el teletrabajo en el país. Por su parte, Pongutá (2020) realiza una investigación similar, apuntando a la identificación de los cambios internos a nivel organizacional, tanto políticas como cambios en la cultura de las

[7] United States Census Bureau. *What is the American Community Survey?* https://www.census.gov/programs-surveys/acs/about.html. Consultado el 16 de septiembre 2021.

empresas para una apropiada adopción de esta modalidad de trabajo. Avendaño y Pedraza (2021) desarrollan un ensayo donde plantean la pregunta:

> ¿La tecnología por medio de sistemas de ergonomía avanzada o de cómputo para lograr una efectividad en las empresas con las figuras de teletrabajo y trabajo en casa, es una solución a los conflictos jurídico-laborales como las enfermedades laborales, las garantías de los contratos de trabajo o la productividad de la misma empresa, generados en tiempos de COVID-19? (p. 2)

Los autores realizan la investigación con base en una metodología analítica, donde estudian el impacto de la COVID-19 en el aspecto laboral, familiar y personal de un trabajador en condiciones de teletrabajo. Estos trabajos de investigación analizan el escenario de Work From Home desde distintas perspectivas, y la comparación y contrastación de datos e información permite sentar bases más sólidas en la construcción de la propuesta de diseño del modelo de simulación.

Recopilacion de literatura y trabajos sobre la problemática en Colombia.

El teletrabajo en Colombia ha sido un tema de adopción e implementación relativamente reciente. Así lo encuentran Arregocés Gómez et al. (2021), quienes encuentran que en el país recién se empezó a formalizar el teletrabajo desde el 2008, cuando en otros países ya es una estrategia conocida desde hace 40 años. Los autores resaltan que la falta de información, acceso y escasa divulgación no habían permitido que esta alternativa de trabajo tuviese una mayor participación en las organizaciones colombianas. Aunque bien, en los últimos años se ha trabajado en la construcción de un marco legal que regule y fomente el teletrabajo como un instrumento para la generación de empleo en el país, siendo los entes principales encargados de esta regulación el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MINTIC), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (Arregocés Gómez et al., 2021).

Los resultados de esta investigación realizada bajo los lineamientos del diseño no experimental y recolección de datos a través de encuestas en Bogotá, muestra que un alto porcentaje de los servidores públicos / contratistas que requieren recursos tecnológicos como computadores, teléfono celular e internet tienen acceso a ellos, si bien en bajo porcentaje son financiados por la entidad para la que trabajan. Sin embargo, el 56,5% de los encuestados considera que tiene un espacio adecuado para poder trabajar desde casa, lo cual hace que el acondicionamiento de espacios físicos en el hogar sea el mayor desafío para el desarrollo del trabajo remoto (Arregocés Gómez et al., 2021). Otro de los resultados analizados sobre las dificultades presentadas a la hora de realizar trabajo remoto sugiere que el apoyo de las entidades o el gobierno a través de subsidios de apoyo para invertir en acceso a una mejor calidad y velocidad de internet, podrían contribuir al incremento de la

productividad durante y después de la pandemia del COVID-19, considerando que a menos del 6% de los encuestados se les extiende un apoyo de este tipo.

De este mismo estudio, se concluye que la percepción de productividad trabajando desde casa es positiva, aunque por los resultados obtenidos se muestra que aquellos empleados con bajos niveles de educación tuvieron una percepción de disminución de productividad, lo que lleva a inferir que es importante el nivel de educación y conocimiento en particular sobre acceso y uso de tecnologías de información. De igual manera, solo una pequeña parte de los servidores públicos encuestados recibe apoyo organizacional en temas de salud física y mental, haciendo que sea un punto importante para mejorar para mejorar la productividad y calidad de vida de los teletrabajadores.

Los resultados de este estudio arrojan una panorámica del teletrabajo en el sector público durante la pandemia, donde un 81.4% de los encuestados afirman que al menos un día a la semana desempeñaron labores desde casa, siendo aún alto el porcentaje de trabajadores presenciales en algunas entidades como alcaldías y gobernaciones, mostrando una disparidad en la masificación del teletrabajo como alternativa de producción durante la crisis del COVID-19 (Arregocés Gómez et al., 2021). En general, las conclusiones que deja esta investigación muestran que el impacto de la implementación del teletrabajo es bastante positivo, aunque debe reforzarse el trabajo en capacitación, acceso y cobertura en cuanto a uso de tecnologías de la información por parte de los empleados, así como el acondicionamiento de equipos y espacio físico en casa para desarrollar el teletrabajo.

De acuerdo con datos de la Comisión Económica para América Latina y el CARIBE – CEPAL, la pandemia contrajo la actividad económica en la región, representando en Colombia una disminución del 20.1%, así como una proyección del PIB negativa de -5.6 (Martínez et al., 2021). También, la infraestructura tecnológica denota una brecha digital tanto en calidad como en cantidad, tal como se muestra en el informe que emitió en el 2019 el World Economic Forum sobre el Índice de Competitividad Global, donde Colombia ocupa el lugar 87 entre 140 países; sin embargo, el país es el único en la región que ha estudiado en profundidad la adopción de tecnologías digitales avanzadas o tecnologías emergentes (Martínez et al., 2021). Aun así, las PYMES en Colombia no han sido capaces de aprovechar la oportunidad de transformación digital, especialmente por las limitantes que surgen al tener un bajo nivel de digitalización de los pequeños proveedores y distribuidores en la cadena de suministro (Martínez et al., 2021). Esto muestra que aún existen sectores en los que se debe trabajar y potenciar la inversión en acceso y uso de infraestructura y tecnología para reducir la brecha digital existente en el país. En la Tabla 5 se presenta un resumen de la situación actual del teletrabajo realizado por Vera (2020), donde se evidencia que Colombia contaba incluso con legislación específica sobre el teletrabajo antes de comenzar la crisis del COVID-19.

Vera (2020) destaca que el objetivo con el teletrabajo era la disminución de la pérdida de empleo y el cierre de empresas, y establecer opciones para la reactivación de la economía. Aun así, el autor resalta que el impacto del teletrabajo en nuestra vida diaria fue mayor, dejando de ser un alivio temporal para ser considerado como una alternativa seria para el desarrollo de labores e incluso pensar en la mejora de las condiciones laborales y productivas.

Tabla 2. Situación a mayo 2020 del teletrabajo en países de la región

	Legislación específica previa a la COVID-19	**Regulación por la COVID-19**	**Debe aceptar la modalidad el trabajador**	**Se asimila en condiciones al trabajo normal**
Argentina	No	Sí	Sí	Sí
Bolivia	No	Sí	Sí	Sí
Brasil	Sí	Sí	Sí	Sí
Chile	No	Sí	Sí	Sí
Colombia	Sí	Sí	Sí	Sí
Costa Rica	Sí	Sí	Sí	Sí
Ecuador	Sí	Sí	Sí	Sí
Guatemala	No	No	Sí	Sí
México	No	No	Sí	Sí
Paraguay	No	Sí	Sí	Sí
Panamá	No	Sí	Sí	Sí
Perú	Sí	Sí	No	Sí
República Dominicana	No	No	No	N/D
Uruguay	No	Sí	Sí	Sí
Venezuela	No	No	No	Sí

Fuente: Vera (2020)

En el país, la tasa de penetración de internet sigue estando por debajo del promedio ponderado de la región, tal como lo presenta Katz et al. (2020). Basados en datos provistos por la UIT para el año 2017 y 2018 y extrapolando con base en el crecimiento del año 2020 los datos de los años 2019 y 2020, Colombia presenta para ese año una penetración de Internet del 76.47%, un poco por debajo del promedio de América Latina, que representa el 78.78%. Este indicador, sin embargo, no refleja el porcentaje de distribución en zonas rurales o urbanas, donde en general se cuenta con una mayor penetración de Internet en áreas urbanas sobre las rurales. Prado Higuera et al. (2021) recopilan datos que permiten visualizar la brecha entre los escenarios rural y urbano en cuanto a acceso y uso de servicios de TIC: existe una diferencia de acceso de más del 32% entre las zonas, condición que desmejora en los estratos más bajos, incluso a nivel municipal. En zonas rurales, solo el 26% de los hogares cuenta con conexión a internet, y la diferencia en el acceso a servicios TIC entre los estratos 1 y 6 es bastante marcada: 21,7% para el

estrato 1 contra el 98% del estrato 6 (Prado Higuera et al., 2021). Existe entonces una brecha digital en la que se pueden aunar esfuerzos para apuntar a su reducción en escenarios postpandemia.

La actual política pública de Gobierno Digital impulsada por la presidencia y el Ministerio de las TIC ha afrontado diversos retos para la masificación y consecución de los propósitos de digitalización en el país desde el año 2018. Con ella se busca la transformación del sector de las TIC a través de garantizar la cobertura y el acceso a internet de la totalidad de municipios en zona urbana de Colombia (Pérez Bolaños, 2020). Esta política pública se ha visto retrasada por factores como las fallas de la denominada *garantía de la conectividad* - dadas las limitantes de acceso que impone la accidentada geografía colombiana, el bajo desarrollo de competencias digitales en la población campesina, el costo económico para acceder y usar las TIC en la zona rural de Colombia, y la apuesta por la liberalización del sector de las comunicaciones en un clima dudoso de seguridad política (Pérez Bolaños, 2020). Es así como los mayores retos y esfuerzos en la reducción de la brecha digital se siguen concentrando en las zonas rurales, donde habita el 40% de la población más pobre del país (Pérez Bolaños, 2020).

Si bien la brecha digital es geográfica y económica, ésta existe en las zonas urbanas del país y aún en sus principales ciudades (Banca de Desarrollo Territorial; Findeter, 2020). Es conocido que la principal barrera para acceder a la economía digital es el acceso, uso y apropiación de las TICS. Es bajo este contexto donde se hace conveniente considerar los requerimientos básicos para reducir o incluso eliminar la brecha digital, los cuales son resumidos a continuación (Banca de Desarrollo Territorial; Findeter, 2020):

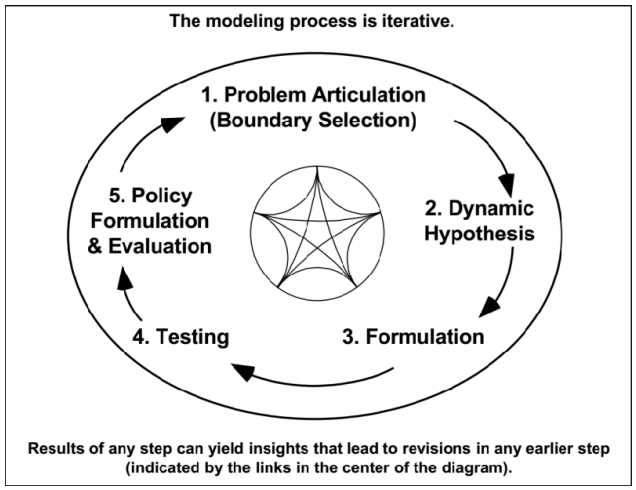
1. Contar con infraestructura de redes e incentivar a la industria y sus agentes para que exista esta penetración y asequibilidad tecnológica.
2. Proveer contenidos y aplicaciones adecuados al ambiente de convergencia que promuevan la preservación de la cultura y la identidad a nivel nacional, regional y local.
3. Apropiación de TIC a través de programas de e-educación, e-salud, e-gobierno, así como en temas de agro enfocados a llegar a las comunidades rurales apartadas del país.

Estos puntos son reforzadores positivos de políticas y estrategias que lleven a una reducción de la brecha digital, y esfuerzos orientados hacia la consolidación de estos permiten que la inversión en TIC sea más estratégica y efectiva en términos de apuntar a una real reducción de las inequidades digitales en el contexto pandemia y postpandemia.

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN APLICADA

Para el desarrollo y consecución de los objetivos planteados en este proyecto se hizo uso del método de dinámica de sistemas, teniendo como referencia el ciclo de vida de dinámica de sistemas y la teoría de modelado de sistemas propuesta por Sterman (2000). En la Figura 3 se aprecian los pasos que hacen parte de este ciclo, el cual se muestra como un proceso que aborda la formulación y evaluación de políticas para solucionar el problema que se analice, y resalta la naturaleza iterativa del proceso completo de modelado.

Figura 3. Ciclo de vida de la dinámica de sistemas

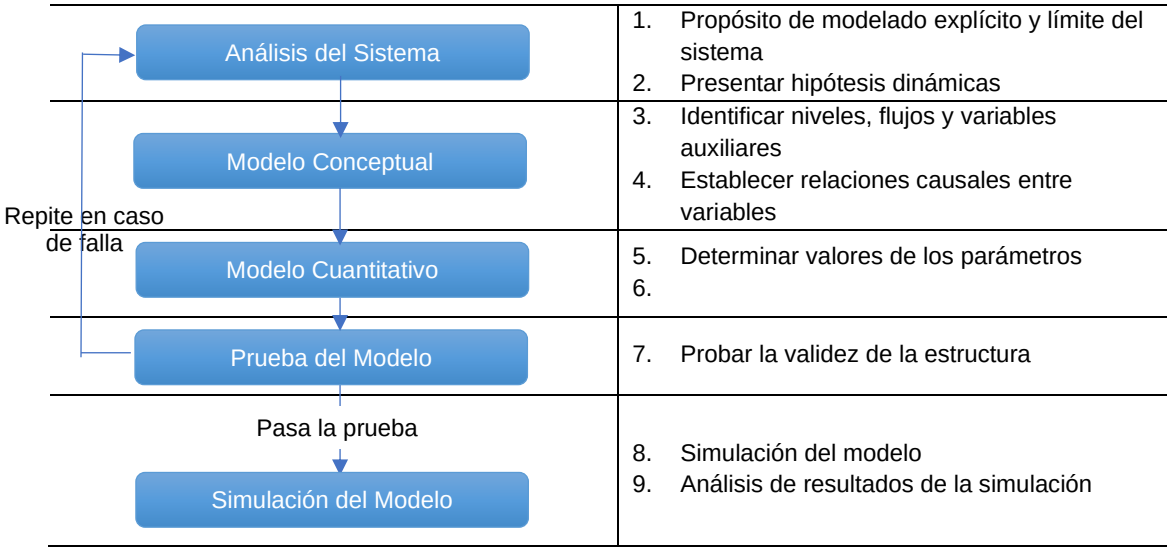


Fuente: Sterman (2000).

La dinámica de sistemas ofrece al investigador una perspectiva sistémica sobre una problemática de gran escala y alta complejidad, como la que se pretende analizar en esta investigación. Este método es frecuentemente usado para estudiar la estructura y el comportamiento asociado con el manejo de sistemas complejos (Rodríguez y Aguirre, 2013). El propósito de usar dinámica de sistemas es entender a través de la construcción de un modelo dinámico sistémico, si la relación entre las inequidades digitales y el uso de tecnologías de información y comunicación en las organizaciones a lo largo de la crisis del COVID-19 ha contribuido en el incremento y exacerbación de las inequidades digitales durante la pandemia en Colombia.

El diagrama de flujo de dinámica de sistemas elaborado por Ding et al. (2018) y mostrado en la Figura 4 representa de forma clara y concisa los pasos y actividades clave a seguir para el desarrollo y construcción de un modelo de simulación. Este flujo cubre el procedimiento básico de modelado de dinámica de sistemas, el cual incluye la etapa de análisis del sistema, la etapa del establecimiento del modelo conceptual, la fase de establecimiento del modelo cuantitativo, la etapa de verificación del modelo y la fase de simulación del modelo.

Figura 4. Diagrama de flujo del modelado de dinámica de sistemas



Fuente: Ding et al. (2018)

Si bien el flujo de Ding et al. (2018) no contempla el paso de evaluación y formulación de políticas observado en el ciclo propuesto por Sterman (2000), esta representación se acopla al alcance definido en los objetivos de esta investigación, donde no se pretendía llegar hasta una evaluación de políticas para intervenir efectivamente el problema sistémico a modelar, sino entender la dinámica de este problema en el contexto de pandemia por medio de un modelo sistémico. Como resalta Sterman (2000), el diseño de políticas es mucho más que cambiar los valores de los parámetros en el modelo; este proceso incluye la creación de estrategias completamente nuevas, estructuras y reglas de decisión.

Dentro de los resultados de este trabajo, se consideró la entrega de una propuesta de estrategias y recomendaciones que pueden ser tenidas en cuenta para la reducción y mitigación de la situación problemática relacionada con la inequidad digital. Como resultado de esta investigación y de la propuesta de estrategias y recomendaciones, se sugieren trabajos futuros para la evaluación y formulación de políticas formales para solucionar la problemática de inequidades digitales por medio del uso eficiente de tecnologías, y continuar iterando en la mejora y validación de este modelo o nuevos modelos que reflejen la dinámica sistémica del problema en el futuro.

Sterman (2000) presenta una serie de pasos para el proceso de modelado, los cuales son mostrados en la Figura 3. Sterman plantea una serie de preguntas que pueden ayudar a direccionar el desarrollo de cada uno de estos pasos y las principales herramientas usadas en cada uno (Sterman, 2000). Con base en esta lista, en la Tabla 3 se plasmaron los elementos que fueron tenidos en cuenta para la construcción del modelo y que fueron acoplados al flujo mostrado por Ding et al. (2018), que tiene además el paso de simulación del modelo a construir.

Tabla 3. Relación de pasos y actividades entre flujo de Ding et al. (2018) y Sterman (2000) para el proceso de modelado

Paso en flujo de Ding et al (2018)	**Paso en ciclo de Sterman (2000)**	**Actividad en ciclo de Sterman (2000)**	**Pregunta/elemento direccionador de actividad**
Análisis del sistema	Articulación del problema	Selección del tema	¿Cuál es el problema? ¿Por qué es este un problema?
		Variables clave	¿Cuáles son las variables clave y conceptos que se deben considerar?
		Horizonte de tiempo	¿Qué tan lejos en el futuro debemos considerar? ¿Qué tan lejos en el pasado se mantiene las raíces del problema?
		Definición dinámica del problema (modos de referencia)	¿Cuál es el comportamiento histórico de los conceptos y variables clave? ¿Cuáles podrían ser sus comportamientos en el futuro?
	Formulación de la hipótesis dinámica	Generación de hipótesis inicial	¿Cuáles son las teorías actuales existentes del comportamiento del problema?
		Enfoque endógeno	Formular una hipótesis dinámica que explique la dinámica como consecuencias endógenas de la estructura de retroalimentación
Modelo conceptual		Mapeo (*Mapping*)	Desarrollar mapas de estructura causal basados en las hipótesis iniciales, variables clave, modos de referencia y otra información disponible, usando herramientas como: • Diagrama de límites del modelo • Diagrama de subsistemas • Diagramas de bucle causal • Mapas de niveles y flujos
	Formulación de un modelo de simulación	Especificación	Especificación de la estructura y reglas de decisión
Modelo cuantitativo		Estimación	Estimación de parámetros, relaciones de comportamiento y condiciones iniciales
		Prueba	Prueba para coherencia con el propósito y el límite
Prueba del modelo	Pruebas	Comparación con modos de referencia	¿El modelo reproduce adecuadamente el comportamiento del problema para el propósito de este?
		Robustez bajo condiciones extremas	¿El modelo se comporta de forma realista cuando es estresado por condiciones extremas?
		Sensibilidad	¿Cómo se comporta el modelo bajo incertidumbre en parámetros, condiciones iniciales, límites del modelo y agregación?

Fuente: Autor.

En la columna “Actividad en ciclo de Sterman” se encuentran las actividades que fueron desarrolladas para la construcción del modelo. Una vez el modelo fue validado, se procedió a realizar la ejecución de simulaciones del modelo. La herramienta para desarrollar y simular los modelos fue Vensim en su versión más reciente (v8.2.1), en el sistema operativo Windows 10. Teniendo los resultados de las simulaciones recopilados, se realizó una evaluación comparativa del modelo creado por medio del análisis y comparación con las mediciones y resultados de otros trabajos de investigación que abordan el problema de inequidades digitales y el uso de tecnologías durante la pandemia, así como una propuesta de estrategias y recomendaciones con base en los resultados de esta evaluación para confrontar la situación problema.

En la literatura revisada para el desarrollo de esta propuesta y que es abordada en los antecedentes, marco teórico y estado del arte, encontramos que en muchos países y regiones alrededor del mundo las inequidades digitales se han exacerbado e incrementado durante la pandemia del COVID-19 (Beaunoyer et al., 2020; Baker, 2020; Bonacini et al., 2021). En la región (incluyendo Colombia) se ha investigado cómo el retraso en la conectividad y digitalización ha llevado al agravamiento de las consecuencias económicas y sociales del virus (García et al., 2020). Se ha estudiado el desarrollo de estrategias como el Work From Home tanto en Colombia (Pongutá, 2020; Núñez, 2021; Pedraza y Avendaño, 2021) como en otras latitudes del planeta (Savić, 2020; Yasenov, 2020; Baker, 2020; Bonacini et al., 2021; Hantrais et al, 2021), identificando características que influyen en que algunas labores puedan ser desempeñadas o no por medio de Work From Home durante escenarios de crisis como el de una pandemia y en medio de las inequidades digitales que actualmente existen en varias de estas regiones. Para este análisis, se realizó una abstracción de variables y datos reales y medidos en estos trabajos que permitió realizar la comparación de éstas con los resultados de las simulaciones y evaluar que el modelo recreara el comportamiento planteado en la hipótesis dinámica.

Con base en lo presentado en la Tabla 3, en la Tabla 4 se compilaron finalmente las actividades a ser realizadas para lograr los objetivos y resultados esperados de este proyecto. Considerando que en la Tabla 3 se indicaba como actividad por Sterman (2000) la selección del tema y que este ya está definido en la presente propuesta, no se incluyó como actividad en la Tabla 4. Se incluyó la actividad inicial de recopilación de literatura y trabajos sobre la problemática de inequidades digitales y uso de tecnologías durante la pandemia en Colombia para dar una mayor base a las actividades relacionadas con el primer objetivo específico de la investigación. Se agregó además el paso de elaboración de una propuesta de estrategias y recomendaciones que permitan abordar de manera formal y a nivel de políticas (gubernamentales, organizacionales, individuales, etc.), acciones con relación al problema.

Los resultados de la investigación obtenidos son presentados de la siguiente manera. Se muestra la recopilación de literatura y trabajos sobre la problemática en Colombia encontrados. Luego se comparte la identificación de variables clave y horizonte de tiempo realizada. Después, se presentan los modos de referencia que definen la dinámica del problema. Luego se presenta la generación de la hipótesis inicial y la formulación de la hipótesis dinámica a través del diagrama causal trabajado. A continuación, se muestra la construcción del diagrama de niveles y flujos elaborado, y se presenta los resultados de la simulación con los valores iniciales definidos, así como los resultados de la simulación incluyendo una política de ayudas económicas al empleo durante la crisis. Posteriormente se presenta la comparación de los resultados de las simulaciones con estudios relacionados a la problemática y se presenta la discusión de resultados obtenidos.

Tabla 4. Lista de actividades del proyecto de investigación

Objetivo específico	Actividades desarrolladas	Resultado logrado
Diseñar una hipótesis dinámica que explique la relación entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación por parte de organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia.	Recopilación de literatura y trabajos sobre la problemática en Colombia	Un diseño de hipótesis dinámica que explique la relación entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación por parte de organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia
	Identificación de variables clave	
	Definición de horizonte de tiempo	
	Definición de dinámica del problema (modos de referencia)	
	Generación de hipótesis inicial	
	Formulación de hipótesis dinámica	
Diseñar un modelo de simulación que permita exponer la relación dinámica entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación por parte de organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia.	Construcción de mapas de estructura causal	Un diseño de modelo de simulación que permita exponer la relación dinámica entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación por parte de organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia
	Especificación de estructura y reglas de decisión	
	Estimación de parámetros, relaciones de comportamiento y condiciones iniciales	
Simular el modelo diseñado para evidenciar la relación dinámica entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación por parte de organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia.	Simulación del modelo	Un informe con el conjunto de resultados de simulación analizados que permitan evidenciar la relación dinámica entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación por parte de organizaciones y sus efectos durante la pandemia del COVID-19 en Colombia
	Análisis de resultados de simulación	
Evaluar el modelo de simulación construido mediante la comparación de los resultados de las simulaciones con mediciones y resultados de estudios que aborden la relación entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación durante la pandemia del COVID-19 y proponer estrategias o recomendaciones con base en esta evaluación.	Comparación de resultados de simulación del modelo con resultados de estudios relacionados al tema de investigación	Un informe con los resultados de la evaluación del modelo de simulación construido mediante la comparación de los resultados de las simulaciones con mediciones y resultados de estudios que aborden la relación entre la desigualdad digital y el uso de tecnologías de información y comunicación durante la pandemia del COVID-19 y una propuesta de estrategias o recomendaciones con base en la evaluación del modelo.
	Elaboración de estrategias y recomendaciones con base en la comparación y evaluación realizada	
	Articulación de contenido del documento final del proyecto	

Fuente: Autor.

3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se presentan los resultados de la investigación siguiendo la metodología de investigación construida y aplicada. Una aproximación inicial al problema desde una perspectiva dinámica sistémica es obtenida con base en los resultados que a continuación se detallan, y constituye un antecedente en el área para trabajos futuros.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES CLAVE Y HORIZONTE DE TIEMPO

Los datos e información sobre la problemática de inequidades digitales durante la pandemia del COVID-19 en Colombia, en conjunto con la información recopilada en el marco teórico y el estado del arte del problema, permiten la caracterización y abstracción de variables clave, las cuales dan orientación sobre los elementos que representaran los niveles y flujos, así como de las variables auxiliares en la formulación de la hipótesis dinámica.

Se requiere una representación de las inequidades digitales que se adecúe a los conceptos teóricos que la definen, y definirlas en función de unidades de medida para la construcción del posterior modelo de simulación. Alva de la Selva (2015) menciona tres puntos clave en la concepción de las inequidades digitales: acceso, uso y apropiación de TIC. Generalmente se asocian las inequidades digitales con la falta de infraestructura y conectividad en la población para hacer uso de las TIC, aunque ya se ha mostrado que el problema no es sólo cuestión de conectividad (Meneses, 2015). Es evidente entonces, que en cuanto haya un mayor porcentaje de la población con capacidad en uso de TIC, menor será la brecha o inequidad digital de la misma, y viceversa. Entiéndase *capacidad en uso* como la disposición en la población de acceder, usar y apropiarse de las TIC, contemplando escenarios con la infraestructura, conectividad, conocimiento y espacios para el uso de estas en la población.

Para que la población pueda tener capacidad de uso de TIC, ésta debe contar con capacidad económica adquisitiva, de forma tal que sea factible la adquisición de recursos tecnológicos en los hogares y en las actividades diarias desempeñadas. Esta capacidad económica es posible a través de una población con empleo, por lo que, a mayor cantidad de personas empleadas, mayor adquisición de recursos tecnológicos habrá, lo que por consiguiente lleva a una reducción de la brecha digital. Poseer esta capacidad económica también hace que las personas puedan invertir en educación y capacitación en habilidades digitales, que también permitan que el uso de TIC no sea sólo accesible sino productivo; a mayor población con habilidades digitales, menor será la brecha digital existente.

El teletrabajo se ha convertido en un elemento esencial en la mitigación de los efectos de la crisis generada por la pandemia del COVID-19, dando una alternativa que permita a las organizaciones continuar con las labores productivas evitando el contacto físico entre los empleados, clientes, y en general toda posible interacción presencial, considerando que el distanciamiento físico es una de las principales estrategias para evitar la propagación del virus. Sin embargo, como ya se ha resaltado previamente, no todos los trabajos pueden ser realizados desde casa (Yasenov, 2020). Las labores que sí pueden realizarse desde casa requieren que la población cuente con las habilidades digitales, los recursos y los espacios necesarios en casa, lo que puede representar costos económicos, bien sea en la población como en las organizaciones que deben brindar las condiciones necesarias para el desarrollo del trabajo remoto. El gobierno, en su rol de ejecutor de políticas estratégicas para la población y el entorno productivo del país en medio de la crisis, puede generar políticas y destinar recursos que faciliten escenarios de teletrabajo en el sector.

Teniendo en consideración el anterior análisis, en la Tabla 6 se presentan las variables clave identificadas y que son tenidas en cuenta para el diseño de la hipótesis inicial.

Tabla 5. Variables claves identificadas

Variable	**Descripción**
Personas con capacidad en uso de TIC	Población, con posibilidades de acceso, uso y apropiación de TIC
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 TIC
Restricción de presencialidad por políticas de distanciamiento físico	Proporción porcentual de la población afectada por la crisis de pandemia en términos económicos que no posibilita inversión en acceso, uso y apropiación de TIC
Riesgo de contagio	Tasa de riesgo de contagio por COVID-19 en población, considerando la población trabajando presencial y un factor de contagio definido por estadísticas del gobierno de tasa de contagiados por cada 100.000 habitantes

Fuente: Autor.

La población con capacidad en uso de TIC hace referencia a las personas que tienen capacidades en acceso, uso y apropiación de tecnologías de información. Dentro de la población general se encontrarían entonces dos clasificaciones:

Población con capacidad en Uso de TIC y Población sin capacidad en uso de TIC; no puede existir otra clasificación para las personas bajo los límites de esta investigación. Desde esta perspectiva, la *inequidad digital sería* representada por la proporción de la población con capacidad en uso de TIC, respecto de la población total (personas con capacidad en uso de TICS + personas sin capacidad en uso de tics), donde lo que se buscaría al reducir la problemática es aumentar el número de personas con capacidades en TIC.

Es una condición relevante para poseer estas capacidades en TIC que las personas tengan una capacidad económica que les permita adquirir o instalar equipos e infraestructura necesarios, así como para poder entrenarse y adquirir habilidades en TIC que les permitan hacer uso de estos. Lograr esta capacidad económica es posible en la medida que exista población empleada, o a través de políticas de renta externas que permitan a población no empleada poder adquirir estas capacidades en TIC. Ejemplo de lo segundo son las ayudas o subsidios que un gobierno pueda ofrecer a la población que lo necesite.

Bajo el contexto de pandemia, el teletrabajo surgió como respuesta a la crisis del COVID-19 que obligó a implementar estrategias de distanciamiento físico. En ese sentido, para caracterizar a la población empleada durante el tiempo de crisis, se hace la clasificación de personas empleadas de forma presencial, así como las personas empleadas por teletrabajo, que evidentemente fueron en crecimiento durante este período de pandemia (Bonacini et al., 2021). Además de la población empleada, la dinámica en las vacantes y empleos tanto para trabajos presenciales como remotos fue directamente afectada por la crisis de la pandemia. Se considera además a la población inactiva, haciendo referencia a aquella población que durante determinado periodo no ha tenido empleo ni lo ha buscado por dedicarse a otras actividades (tareas del hogar, cuidado de familiares, etc.), y que bajo el contexto de la pandemia pudo verse afectada por la pérdida de empleo, o por la imposibilidad de desempeñar labores remotas, o por las restricciones de distanciamiento físico durante la crisis.

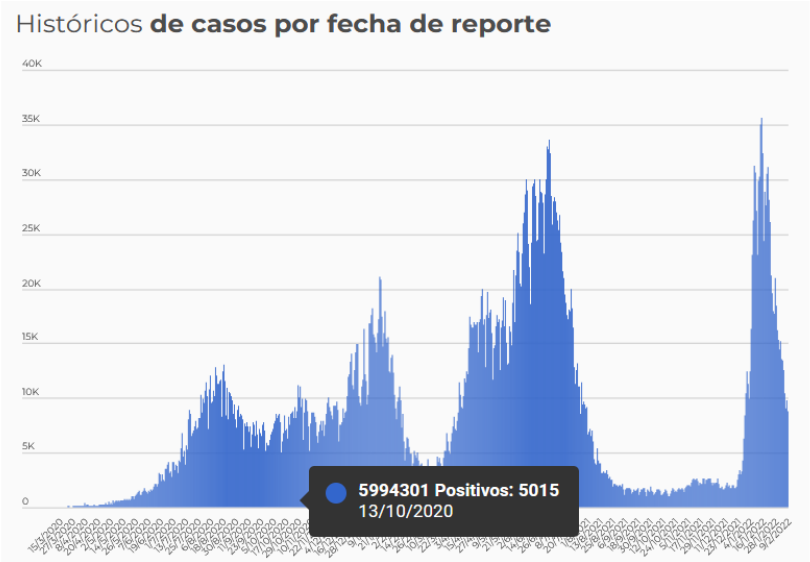
El número de personas infectadas con COVID-19 – entre otras variables, permite hacer representaciones estadísticas de qué tan bien o tan mal es el estado actual de la crisis en un tiempo determinado. Esto en función de estadísticas como la tasa de incidencia por 100 mil habitantes o la tasa de mortalidad por millón de habitantes que maneja el Instituto Nacional de Salud de Colombia (INS) en sus modelos de COVID-19[8]. Bogotá, por ejemplo, presenta una tasa de incidencia de 19.810,83 por cada 100 mil habitantes. El incremento o reducción de estas incidencias refleja el riesgo de infección por COVID-19 en la población, que de forma explícita está conectado a la empleabilidad presencial o por teletrabajo, la cual condiciona el

[8] Instituto Nacional de Salud. *Módulo de datos COVID-19 en Colombia – Tasa de incidencias y mortalidad por municipio.* https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/modelos-covid-19. Consultado el 2 de febrero 2022.

distanciamiento físico, uno de los frentes estratégicos donde se ha hecho foco para contener la tasa de contagios durante la crisis.

El horizonte de tiempo para esta investigación comprende la declaración de inicio de la pandemia (marzo de 2020) hasta octubre 2020, donde según estadísticas del histórico de casos por fecha de reporte que presenta el INS, se presentó un índice con tendencia a la baja 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[9], tal como se refleja en la Figura 5. Esto es, aproximadamente 8 meses desde la declaración de inicio de la pandemia. Si bien la investigación no está orientada hacia el entendimiento de la crisis de la pandemia como tal, el horizonte del tiempo escogido representa un hito en número de casos reportados para simular y evaluar la dinámica de los empleos presenciales y por teletrabajo que se vieron afectados por el incremento o disminución de infectados por el COVID-19 durante los primeros meses de la crisis, donde aún no existían estrategias claras para contener los efectos de la pandemia. Además, es importante entender la dinámica del problema en un escenario de crisis como el de pandemia, donde no existen políticas y estrategias claras de mitigación al comenzar la crisis para confrontar la problemática (infraestructura tecnológica, vacuna para contención del virus, capacidades económicas y/o tecnológicas para transición al teletrabajo, entre otros).

Figura 5. Histórico de casos de COVID-19 por fecha de reporte en Colombia



Fuente: Instituto Nacional de Salud (2022).

[9] 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. Consultado el 2 de febrero 2022.

3.2 DEFINICION DE DINÁMICA DEL PROBLEMA (MODOS DE REFERENCIA)

Previamente se habían presentado referencias que señalaban que la inequidad digital había incrementado durante la crisis de la pandemia del COVID-19. Considerando el distanciamiento físico como medida fundamental para la contención del número de contagiados por el virus, la alternativa más viable para lograr este objetivo se encontraba en la implementación del teletrabajo en las organizaciones. Los privilegios socioeconómicos en algunos sectores de la población les daban una ventaja para desempeñar comunicaciones e interacciones digitales durante la pandemia (Nguyen et al., 2021), y ciertamente no todos los empleos ni empleados cumplen con las condiciones para que las labores puedan ser desempeñadas desde casa (Yasenov, 2020).

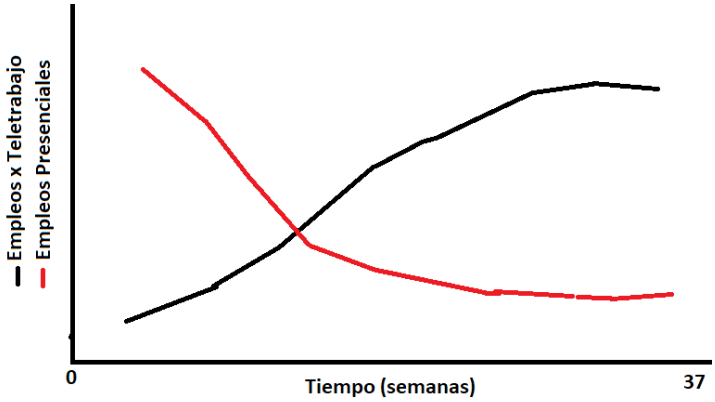
La demanda de teletrabajo se vio incrementada abruptamente en Colombia por causa de la pandemia. Las estimaciones daban una cantidad de entre 2 y 3 millones de personas teletrabajando durante la pandemia, en comparación con las 122.278 personas en teletrabajo en el 2018, y el estimado de 300 mil personas en esa modalidad para el año del 2019[10]. Al subir la cantidad de empleos por teletrabajo, la disminución de empleos presenciales vino como consecuencia relacionada. Lo cierto es, que al no poder desempeñarse muchos empleos de forma remota y ante las políticas que obligaban al distanciamiento físico y cierre de muchos emprendimientos y actividades en organizaciones, una parte de la población pasó al desempleo; otros, en cambio, contaban con labores que podían desempeñarse desde casa, pero no contaban con los equipos, el espacio o conocimiento para poder realizarlas. Sólo hasta que se empezaron a flexibilizar las políticas de distanciamiento físico y aislamiento preventivo hubo un leve incremento de tendencia en los empleos presenciales, por causa del retornar de empleados a oficinas. La Figuras 6 refleja los modos de referencia para los empleos por teletrabajo y los empleos presenciales en el horizonte de tiempo establecido (37 semanas).

Si bien se observa el incremento significativo en la demanda por teletrabajo, ya sea por la creación de nuevos puestos para trabajo remoto, o por la transición de labores de un empleo presencial para ser desempeñado de forma remota, el porcentaje de personas que se supone deben ocupar estos puestos de teletrabajo no fue proporcional. Sólo en el 2020 el empleo en Colombia cayó en 6 millones de personas en lo que fuese el peor momento de las restricciones de la pandemia; luego las variables fueron ajustándose de forma positiva, pero sin llegar a los niveles registrados antes del inicio de la pandemia (Llanes, 2021). La población inactiva registró también un incremento sin precedentes, considerando que aquellas

[10] Diario La república (2020). *El teletrabajo subió en más de 30% los servicios en el hogar durante esta cuarentena*. https://www.larepublica.co/alta-gerencia/el-teletrabajo-subio-en-mas-de-30-los-servicios-en-el-hogar-3009109

personas que perdieron sus empleos debieron permanecer en casa cuidando de sus familiares, haciendo tareas del hogar y sin posibilidades de buscar trabajo (Llanes, 2021).

Figura 6. Modos de referencia: Población con empleos por teletrabajo y empleos presenciales



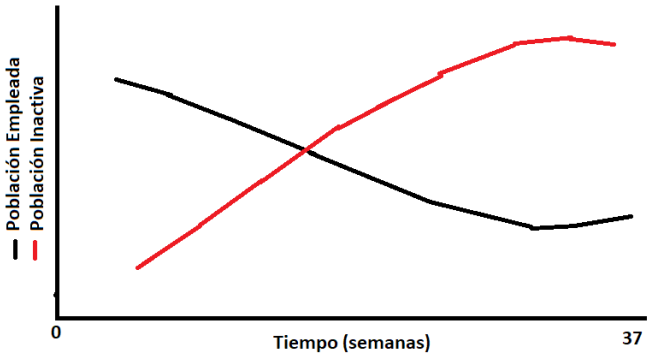
Fuente: Autor.

Ante lo abruptas e improvisadas que fueron muchas medidas durante los inicios de la pandemia declarada, la dinámica de la empleabilidad en pandemia se vio influenciada en el tiempo por la comprensión del virus en sí, sus formas de propagación y las posteriores estrategias en generar inmunidad después del primer pico de pandemia con base en las vacunas desarrolladas. En ese sentido, aquellos que perdieron sus empleos o pasaron a ser parte de la población inactiva del país, perdieron la capacidad económica para tener posibilidades de acceso, uso y apropiación de TIC, es decir, pasaron a ser parte de la población afectada por los efectos económicos que generó la crisis de la pandemia.

Lo anterior se hace evidente cuando se considera, por ejemplo, el incremento en los servicios públicos del hogar; una persona que pasa a ser desempleada o inactiva económicamente y debe pasar mayor tiempo en el hogar, genera un consumo mayor de servicios. Un hogar en el estrato 3 donde habitan cinco personas, pasó a pagar casi un 65% más por lo consumido en gas, en comparación con los periodos previos al inicio de la pandemia[11]. Las Figuras 7 y 8 muestran respectivamente los modos de referencia de la población empleada y la población inactiva, así como del porcentaje de personas con capacidad económica y el porcentaje de personas en crisis económica durante el periodo de pandemia.

[11] Diario La república (2020). *El teletrabajo subió en más de 30% los servicios en el hogar durante esta cuarentena*. https://www.larepublica.co/alta-gerencia/el-teletrabajo-subio-en-mas-de-30-los-servicios-en-el-hogar-3009109

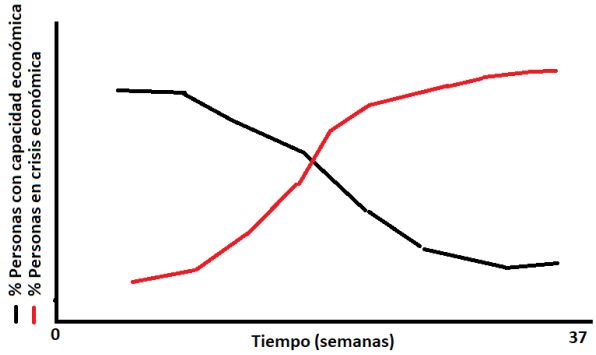
Figura 7. Modos de referencia: Población empleada y población inactiva



Fuente: Autor.

En relación con el riesgo de contagio por COVID-19, los reportes del INS muestran que desde el inicio de la pandemia y hasta octubre del 2021 se han presentado hasta 3 picos de contagios, tal como se ilustra en la Figura 9. Como ya se ha mencionado antes, los esfuerzos para contener la propagación del virus fueron orientados a implementar medidas de distanciamiento físico. La resolución 666 del 2020 emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social resolvió adoptar el protocolo general de bioseguridad para todas las actividades económicas, sociales y sectores de la administración pública, haciendo énfasis en las medidas de distanciamiento físico que evitaran la interacción cercana entre personas, entendiendo que el riesgo de infección o contagio era mayor en grupos presenciales[12].

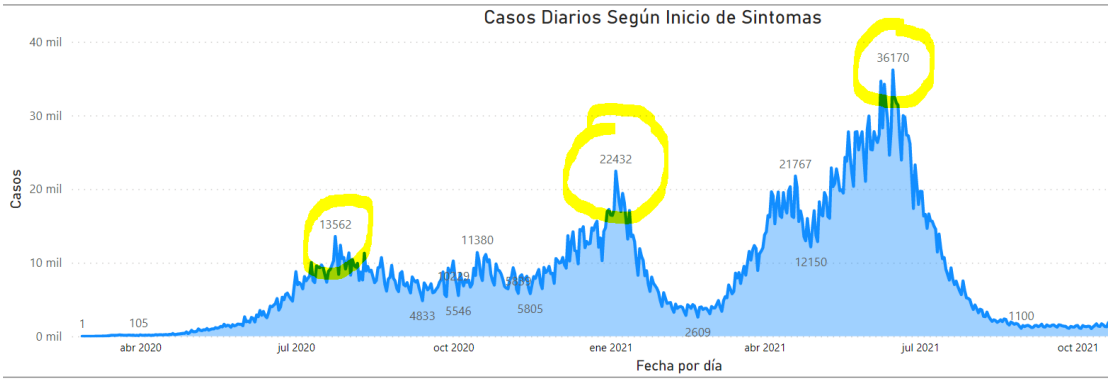
Figura 8. Modos de referencia: % Personas con capacidad económica y % personas en crisis económica.



Fuente: Autor.

[12] Ministerio de Salud y Protección Social (2020). *Resolución 666 de 2020.* https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=119938.

Figura 9. Registro de picos de contagio durante la crisis de pandemia en Colombia.



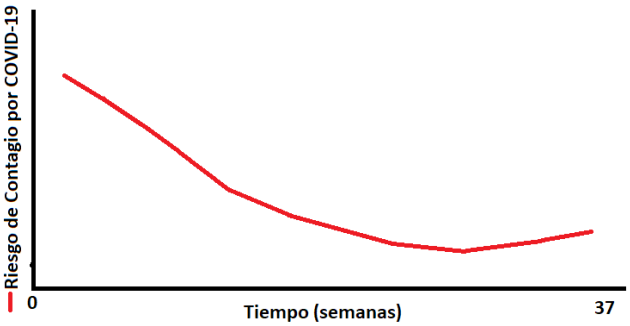
Fuente: Instituto Nacional de Salud (2022)

Desde la declaración de pandemia por parte de la OMS, organizaciones del país junto con el gobierno colombiano empezaron a promover de manera urgente y abrupta la reducción de la presencialidad. A menor interacción de la población empleada presencialmente en las oficinas, el riesgo de contagio empezó a disminuir. Las medidas de distanciamiento físico habían afectado la capacidad económica de aquellos que no pudieron continuar de forma presencial ni por teletrabajo sus labores, aunque, las medidas resultaron efectivas en términos de reducción del riesgo de contagio, y, en consecuencia, del número de contagiados por COVID-19. El gobierno, siendo consciente de que un segundo pico de contagios se presentaría más adelante, flexibilizó las políticas de aislamiento preventivo, pasando a lo que se conoció como aislamiento selectivo, permitiendo el regreso gradual de personas a labores presenciales bajo las medidas de salud y prevención pertinentes.

Esta estrategia benefició a la población inactiva o desempleada, incluso a parte de la población teletrabajando; aunque a costo de un repunte gradual del riesgo de contagio que, previsiblemente, llevaría a un segundo pico de contagios más adelante. Para el horizonte de tiempo definido en este modelo, basado en la declaración oficial de la pandemia y el anuncio por parte del gobierno del cierre del primer pico de pandemia, se estima un incremento del riesgo de contagio en proporción al retorno de la presencialidad. La Figura 10 muestra el modo de referencia para el riesgo de contagio por COVID-19, considerando el primer pico de contagios registrado en el país.

Para el contexto de esta investigación, se tomó en cuenta que riesgo de contagio por COVID-19 incrementa con relación al número de personas que desempeñan empleos presenciales (que requieren asistencia a oficina o interacción con otras personas). Por consiguiente, se entiende que la tendencia de los empleos presenciales haya estado a la baja durante los meses iniciales de la pandemia, en contraposición de los empleos por teletrabajo que presentaron un aumento abrupto proporcional durante la crisis.

Figura 10. Modo de referencia: Riesgo de contagio por COVID-19



Fuente: Autor.

3.3 GENERACIÓN DE HIPÓTESIS INICIAL Y FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS DINÁMICA

En el contexto de pandemia y el horizonte de tiempo definido para esta investigación, los efectos del COVID-19 presentaban un fuerte impacto en el sector económico en Colombia. Se habló en muchas ocasiones de estrategias para la reactivación económica en el país, sin embargo, fue hasta julio del 2021 que se empezó a notar en las estadísticas una recuperación en la producción, donde, según datos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ya para octubre del mismo año se presenta una recuperación hasta la tendencia de crecimiento que se registraba previo a la crisis de pandemia[13]. Es entonces que los efectos en el sector económico para el periodo de primer pico de pandemia aun impactaban negativamente la capacidad económica en la población y los hacían ser parte de la población críticamente afectada por la pandemia. Los modos de referencia del porcentaje de la población con capacidad económica y población en crisis económica confirman la apreciación sobre estas tendencias.

Como ya se ha expuesto anteriormente, una de las variables clave identificadas es la población con capacidad en uso de TIC. En la concepción de inequidad digital, esta variable es clave en tanto puede representar de forma absoluta o porcentual, qué cantidad de la población cumple con condiciones para tener capacidades en acceso, uso y apropiación de tecnologías de la información. A mayor cantidad o proporción de personas haciendo uso de TIC, menor se vuelve la brecha digital existente. En los inicios tempranos de la pandemia, y particularmente en la

[13] PNUD (2021). *El 2021 fue el año de la reactivación económica. La consolidación de la recuperación tiene retos importantes hacia el 2022.* https://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/-sabias-que-/el-2021-fue-el-ano-de-la-reactivacion-economica--la-consolidacio.html

declaración oficial de la misma por parte de la OMS, se tomaron acciones que permitieran contener los efectos del virus al tiempo que se preservaban los empleos y la capacidad de producción en el sector.

Las estadísticas muestran, sin embargo, que en el país no logró contener del todo los efectos socioeconómicos negativos generados por la pandemia. Para el segundo trimestre del 2020, por ejemplo, Colombia presentó una tasa de crecimiento anual negativa del 15.8%, siendo la primera vez en más de 15 años que se reflejaba un crecimiento negativo[14]. Los empleos se vieron afectados por las políticas de distanciamiento físico que requerían capacidades para realizar trabajo desde casa, y que no todos poseían.

Se puede pensar que la implementación de políticas de trabajo remoto podría tener efectos en la reducción de la inequidad digital existente, al llevar a pensar en la inversión en infraestructura y equipos para desempeñar las labores en casa. Esto tendría como efecto secundario una mayor apropiación de TIC en la población. Contrario a esto, el efecto puede ser negativo si no se tienen en cuenta las capacidades en tecnologías de la información de la población, bien sea por capacidad económica para acceder a estos recursos, como capacidad de manejarlos sin las habilidades pertinentes requeridas (Bonacini et al., 2021; Nguyen et al., 2021). Considerando lo anterior y con toda la información presentada en este documento, se planteó la siguiente 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

La inequidad digital está representada por las personas con capacidades en acceso, uso y apropiación de TIC. En tanto exista un posible estado para una persona de poseer estas capacidades o no, a mayor sea el número de personas con estas capacidades en TIC (mayor proporción de personas respecto al total de la población), menor será el registro de inequidad digital para los propósitos de esta investigación. Para que una persona pueda tener estas capacidades en TIC es necesario que cuente con cierta capacidad económica para poder adquirir servicios e infraestructura digitales, así como para entrenarse en habilidades digitales de ser requerido.

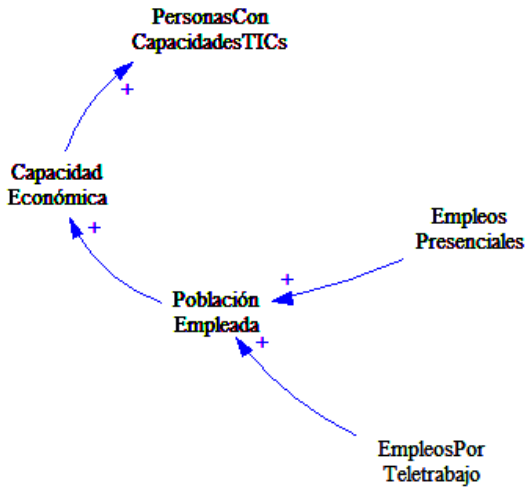
Esta capacidad económica es posible en la medida que la población esté recibiendo algún ingreso económico, principalmente por la renta recibida como empleado o emprendedor. Con esta renta, una persona puede invertir en lo necesario para volverse una persona con capacidades en TIC. Parte del esfuerzo del gobierno colombiano a través del MinTIC ha estado orientado en ofrecer programas para el

[14] PNUD (2021). *Un año de pandemia: impacto socioeconómico de la COVID-19 en Colombia.* https://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/-sabias-que-/un-ano-de-pandemia--impacto-socioeconomico-de-la-covid-19-en-col.html

fomento de las capacidades digitales en la población, tales como Misión TIC, orientado a la formación de 100 mil nuevos profesionales en programación, o Vende Digital, que busca beneficiar a 20 mil comerciantes, empresarios o emprendedores para aprender e innovar en lo concerniente al comercio virtual[15]. En escenarios de crisis como el de la pandemia, el gobierno toma un rol de soporte a esta capacidad económica a través de políticas de subsidio como el Programa Ingreso Solidario, que ya ha beneficiado a más de tres millones de hogares en condición de pobreza y vulnerabilidad económica para mitigar los impactos de la crisis del COVID-19[16].

Dentro de los límites del sistema a modelar, se contemplan dos formas de empleo: empleo presencial y empleo por teletrabajo. Con un incremento del 71% con respecto al 2018, cuando sólo había 122.278 empleos por teletrabajo registrados, el aumento de la demanda de esta modalidad de trabajo en Colombia se vio abruptamente incrementada durante la pandemia[17]. La Figura 11 ilustra el diagrama de influencias que contempla lo mencionado hasta este punto.

Figura 11. Diagrama influencias personas con capacidades TIC.



Fuente: Autor.

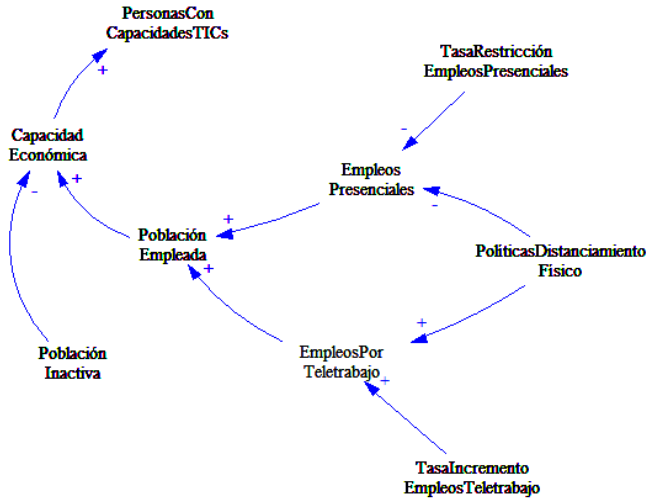
Es importante destacar que, si bien, los empleos presenciales se vieron crudamente afectados durante este período y se promovió el desarrollo de las actividades laborales de forma remota, no todas las labores podían realizarse por teletrabajo, y el desempleo cayó hasta en 6 millones en el peor momento de las restricciones de distanciamiento físico. Una porción de la población que quedó sin empleo durante

[15] MINTIC Colombia. *Conéctate con los programas del Ministerio TIC para transformar tu futuro.* https://programas.mintic.gov.co/783/articles-178469_recurso_1_20211202.pdf. Consultado el 5 de febrero 2022.
[16] Prosperidad Social. *Programa Ingreso Solidario del Gobierno de Colombia.* https://ingresosolidario.prosperidadsocial.gov.co. Consultado el 5 de febrero 2022.
[17] MinTIC Colombia (2020). *Quinto estudio de percepción y penetración del teletrabajo en empresas colombianas 2020.* https://mintic.gov.co/portal/715/articles-179742_recurso_1.pdf

este tiempo pasó a ser parte de la población inactiva, que, aunque contaran las capacidades en TIC (infraestructura y/o habilidades) necesarias, no podía desempeñarse en empleos imposibilitados para ser realizados en la modalidad teletrabajo.

El origen de las medidas de distanciamiento y aislamiento físico fue el riesgo de contagio latente en la población con el COVID-19, a causa de la naturaleza misma del virus y del incremento en las estadísticas de contagio en la población colombiana desde que se declaró la pandemia y se empezaron a plantear las políticas y restricciones de cuarentena. Implementar estas políticas tenían como accionable inmediato el incremento de la demanda de teletrabajo a costo directo del decremento de la demanda de empleo presencial, al menos por el tiempo que seguía presentándose una alta tasa de contagiados. La Figura 12 presenta el diagrama que incluye la dinámica de población empleada influenciada por las restricciones a la presencialidad por causa de las políticas de distanciamiento físico.

Figura 12. Población empleada afectada por políticas de distanciamiento físico.



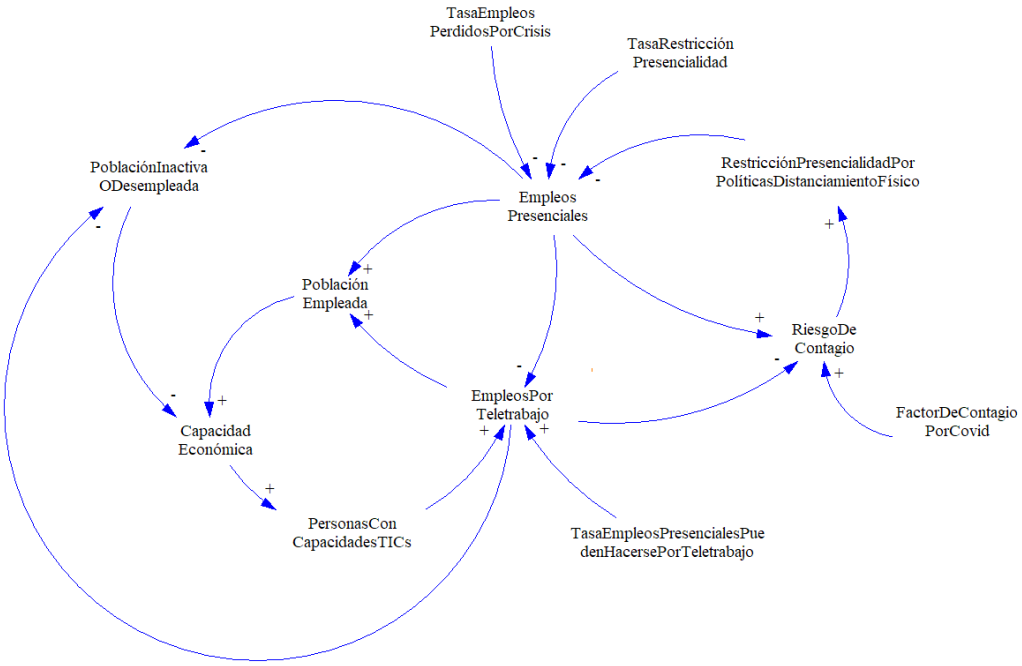
Fuente: Autor.

Con el reporte de contagiados que periódicamente el gobierno compartía por diferentes medios, también se mostraba la tasa de recuperados, que en otras palabras representaba en el mediano plazo una reducción del riesgo de contagio, y por consecuente, una reducción de las políticas de distanciamiento físico. Con estrategias como cuarentenas, promoción de teletrabajo, restricción de acceso presencial a oficinas, entre otros, el riesgo de contagio fue levemente descendiendo con el pasar de las semanas. Una reducción de la presencialidad conllevaría de forma directa a una reducción del riesgo de contagio, así como un incremento de los empleos por teletrabajo haría que el riesgo de contraer el virus fuese menor.

En este punto queda analizar la relación con la población inactiva o desempleada, representada por la parte de la población que durante la crisis perdió el empleo o pasó a ser parte del sector inactivo. La capacidad económica en la población se reduce en la medida que esta variable incrementa (relación inversamente proporcional). Esto, por consecuencia, hace que a mayor o menor capacidad económica en la población, directamente proporcional sea el aumento o decremento de las personas con capacidades TIC. En la Figura 13 se aprecian la conexión entre las variables en el diagrama causal, donde se evidencian en primer plano los ciclos de realimentación encontrados.

En el diagrama causal se identifican cuatro ciclos de refuerzo y dos de balance. El ciclo de refuerzo R1 muestra cómo cuando existe un mayor número de personas con capacidades TIC, se presenta un incremento en la factibilidad de empleos por teletrabajo, los cuales aumentan en demanda durante el periodo de pandemia. Este incremento de empleos por teletrabajo tiene como consecuencia un incremento en la población empleada, que por consiguiente genera un aumento en la capacidad económica de la población, haciendo que acreciente la cantidad de personas con capacidades TIC. Este ciclo se denominó *R Personas con TIC*.

Figura 13. Diagrama causal del problema.



Fuente: Autor.

El ciclo de refuerzo R2 entra en conexión con el subsistema de riesgo de contagio y políticas de distanciamiento físico durante la pandemia. Declarada la pandemia, se incrementaron el número de casos activos por COVID-19 en el país,

incrementando el riesgo de contagio en la población. Para contener la propagación del virus en la población, a medida que aumentaba el riesgo de contagio fue aumentando progresivamente la severidad y las políticas de distanciamiento físico. Estas políticas hicieron que una buena parte de los empleos presenciales no pudiesen ser desempeñados, lo que llevó a la reducción de los mismos, y en consecuencia, una reducción de la población empleada. A menor población empleada, menor capacidad económica, y, por tanto, menor número de personas con capacidades de acceso en TIC. Esto genera que haya menor factibilidad de que se desempeñen empleos por teletrabajo, lo que puede incrementar el riesgo de contagio. A este ciclo se le denominó *R Presencialidad por políticas de distanciamiento.*

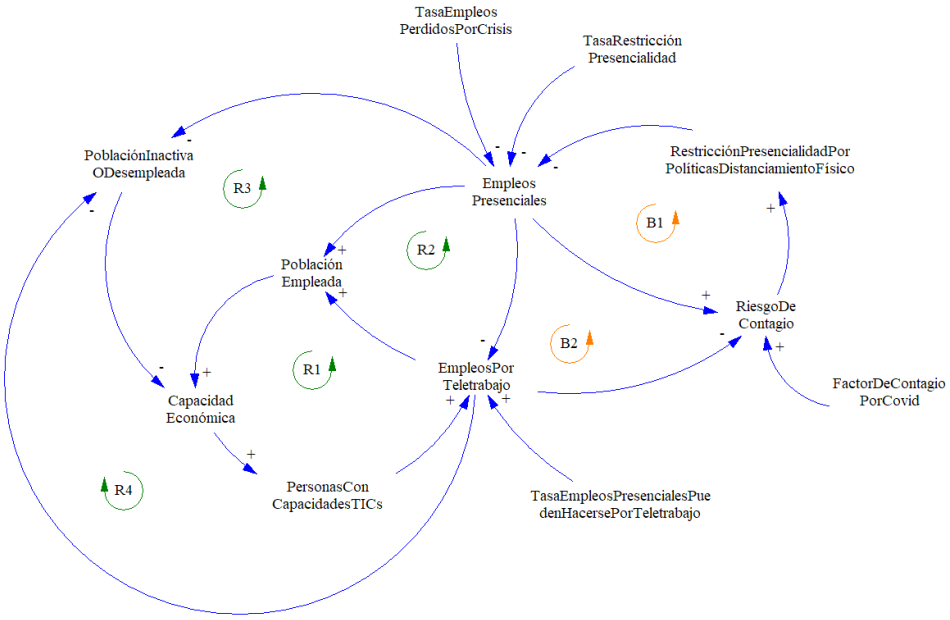
El ciclo R3, a diferencia del ciclo R2, contempla la población inactiva, que evidentemente quedará sin poder desempeñar una labor aun cuando posea capacidades en TIC para realizar teletrabajo (su trabajo no puede desempeñarse de forma remota). Este ciclo se denominó *R Empleos presenciales y población inactiva.*

El ciclo R4 presenta la relación entre los empleos por teletrabajo y la población inactiva o desempleada, donde a mayor cantidad de empleos por teletrabajo, menor será la población inactiva o desempleada. Esto hace que sea mayor la capacidad económica en la población, por tanto, existirá un mayor número de personas con capacidades TIC. A este ciclo se le denominó *R Teletrabajo y Población Inactiva.*

En cuanto a los ciclos de balance identificados, el ciclo B1 aborda la reducción de empleos presenciales por causa del incremento de políticas de distanciamiento físico, las cuales se dan por el incremento en el riesgo de contagio en la población. Algo similar ocurre con el ciclo B2, aunque éste contempla el incremento de empleos por teletrabajo justamente por el incremento de las políticas de distanciamiento que lleva a que los empleos presenciales pasen a ser empleos por teletrabajo; a mayor teletrabajo, menor es el riesgo de contagio en la población. El ciclo B1 se denominó *B Empleos presenciales* y el ciclo B2 se denominó *B Empleos por teletrabajo.* En la Figura 14 se observan los ciclos de realimentación encontrados.

Los ciclos de refuerzo encontrados refuerzan los efectos en la capacidad económica de la población; los ciclos de balance generan control en el riesgo de contagio por medio de las políticas de distanciamiento físico. Estas políticas de distanciamiento físico, sin embargo, generan un efecto negativo en la capacidad económica de la población a través de los ciclos R2 y R3, los cuales contienen respectivamente a la Población empleada y a la Población inactiva o desempleada. En la Tabla 7 se resume la información de los ciclos identificados. En la columna de Composición se muestra el flujo del ciclo comenzando por alguna variable y terminando en la misma.

Figura 14. Ciclos de refuerzo y balance en el diagrama causal.



Fuente: Autor.

Tabla 6. Descripción de los ciclos de realimentación del sistema

Ciclo	Composición	Tipo ciclo
R1: Personas con TIC	PersonasConCapacidadesTIC -> EmpleosPorTeletrabajo -> PoblaciónEmpleada -> CapacidadEconómica -> PersonasConCapacidadesTIC	Refuerzo
R2: Presencialidad por políticas de distanciamiento	EmpleosPresenciales -> PoblaciónEmpleada -> CapacidadEconómica -> PersonasConCapacidadesTIC -> EmpleosPorTeletrabajo -> RiesgoDeContagio -> RestricciónPresencialidadPorPolíticasDistanciamientoFísico -> EmpleosPresenciales	Refuerzo
R3: Empleos presenciales y población inactiva	PoblaciónInactivaODesempleada -> CapacidadEconómica -> PersonasConCapacidadesTIC -> EmpleosPorTeletrabajo -> RiesgoDeContagio -> RestricciónPresencialidadPorPolíticasDistanciamientoFísico -> EmpleosPresenciales -> PoblaciónInactivaODesempleada	Refuerzo
R4: Teletrabajo y población inactiva	PersonasConCapacidadesTIC -> EmpleosPorTeletrabajo -> PoblaciónInactivaODesempleada -> CapacidadEconómica -> PersonasConCapacidadesTIC	Refuerzo
B1: Empleos presenciales	EmpleosPresenciales -> RiesgoDeContagio -> RestricciónPresencialidadPorPolíticasDistanciamientoFísico -> EmpleosPresenciales	Balance
B2: Empleos por teletrabajo	EmpleosPresenciales -> EmpleosPorTeletrabajo -> RiesgoDeContagio -> RestricciónPresencialidadPorPolíticasDistanciamientoFísico -> EmpleosPresenciales	Balance

Fuente: Autor

3.4 CONSTRUCCIÓN DE DIAGRAMA DE NIVELES Y FLUJOS

Luego de la construcción de diagrama causal, se definió el alcance del modelo mediante el listado de cuáles variables son incluidas de forma endógena, cuáles son exógenas y cuáles son excluidas del modelo (Sterman, 2000). Las variables endógenas cambian con base en la dinámica del sistema mismo y son las bases para el estudio de cómo controlar o mejorar el rendimiento del sistema; las variables exógenas permanecen en la frontera del sistema y no se ven influenciadas por la dinámica del sistema, aunque influyen en ella; las variables excluidas están claramente fuera del sistema, siendo parte del ambiente que rodea al mismo (Trimble, 2013). Teniendo esto en consideración, en la Tabla 8 se presenta el listado de variables endógenas, exógenas y excluidas que definen las fronteras del modelo construido.

Tabla 7. Alcance del modelo

Endógenas	Exógenas	Excluidas
Población con Empleos Presenciales Población con Empleos Por Teletrabajo Población Inactiva O Desempleada Riesgo De Contagio Población Empleada Población Con Capacidades TIC Restricción Presencialidad Flexibilización Para Retorno a Presencialidad	Total Población Tasa Flexibilización para Retorno a Presencialidad Tasa Restricción Presencialidad Tasa Empleos Que No Pueden Hacerse Por Teletrabajo Tasa Población Inactiva o Desempleada Que Puede Teletrabajar	Contagiados Con Covid

Fuente: Autor.

Dentro de la dinámica del modelo hay tres variables endógenas clave: La población con empleos presenciales, la población con empleo por teletrabajo, y la población inactiva o desempleada. La importancia de estas variables radica en cómo la dinámica del modelo hace que la población pueda moverse a alguna de estas variables en un periodo de tiempo. La suma de la población con empleos presenciales y la población con empleo por teletrabajo refleja el total de la población empleada, lo cual en proporción con la población inactiva o desempleada muestra la inequidad digital en términos de la capacidad económica de la población. En esencia a mayor población empleada, menor será la inequidad digital. Las características económicas de la población representada en el modelo son de

aquellas que pertenecen a la clase media, las cuales, según datos de Fundesarrollo, reciben ingresos entre $590.100 hasta $2.950.650 pesos mensuales[18], y cuyo impacto en la crisis económica generada por la pandemia impacta directamente en la capacidad económica para acceso, uso y apropiación de TIC.

El riesgo de contagio se encuentra definido por la relación de la población con empleos presenciales sobre la suma de población con empleo por teletrabajo, más la población inactiva o desempleada, considerando que el riesgo de contagio se reduce drásticamente cuando se restringe la actividad laboral presencial. En el mes de agosto el gobierno de Colombia definió mediante directiva presencial que el 30% de los servidores públicos debería estar retornando gradualmente a la presencialidad, en paralelo con la política de aislamiento selectivo que comenzó en la primera semana de septiembre[19]. Esto se convierte en un antecedente importante al ser la primera política oficial de retorno a la presencialidad ordenada en el país, la cual permitía de forma gradual el regreso a labores presenciales de una parte importante de la población.

Con relación a las variables exógenas definidas, el total de la población para el modelo y es el resultado de la suma de la población con empleos presenciales, la población con empleo por teletrabajo, y la población inactiva o desempleada en cualquier instante del horizonte de tiempo definido. Este valor permanece constante en el modelo, dado que no se ha considerado flujos de entrada de población en alguno de estos tres grupos poblacionales.

Como ya se ha explicado anteriormente las características de diversos tipos de empleos hacían que no todos pudiesen ser desempeñados por la modalidad de teletrabajo (Baker, 2020). Esto hizo que una parte de la población con empleos presenciales se moviera hacia un estado de población inactiva o desempleada. En el momento en el que el gobierno decreta la política de retorno gradual a la presencialidad para servidores públicos, se manifiesta un flujo de población inactiva o desempleada qué puede volver a realizar labores presenciales que fueron suspendidas o cerradas por causa de la crisis de la pandemia. De igual forma, aquella población que había pasado a realizar labores remotas empezó a retornar a las oficinas, volviendo a ser parte de la población con empleos presenciales. Antes de la implementación de esta política el flujo de personas inactivas o desempleadas, así como el de la población empleada por teletrabajo moviéndose hacia la realización de actividades presenciales se vio fuertemente restringido por medidas como los aislamientos obligatorios y las cuarentenas. Es por esta razón que no se

---

[18] El Nuevo Siglo (2020). Entre 2 y 4 millones de colombianos saldrían de la clase media https://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/11-23-2020-entre-2-y-4-millones-de-colombianos-caerian-de-la-clase-media

[19] 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-retornar-a-oficinas-534274

consideran estos flujos antes de la implementación de la política de retorno gradual a la presencialidad.

Se considera una tasa de restricción a la presencialidad, como factor de flujo de la población trabajando presencialmente, hacia la transición de labores de forma remota. De igual manera, una parte de la población inactiva o desempleada puede adquirir capacidad o estímulos económicos que le permitan pasar a realizar teletrabajo. Dentro de este modelo se excluyen el total del número de contagiados por COVID-19, considerando que el modelo evalúa el riesgo de contagio latente en la empleabilidad en modo presencial y no en el número de contagiados por causa de ella. En la Tabla 9 se definen las unidades para cada una de las variables descritas en el alcance del modelo.

Con el alcance del modelo definido y las unidades de medidas definidas, se procedió a la construcción de las estructuras y reglas de decisión correspondientes al diagrama de flujos y niveles. Inicialmente se definieron las variables que actuarían como niveles dentro del modelo sistémico, y que son clave para representar la dinámica de las personas que poseen capacidad económica o no en el horizonte de tiempo definido. En ese sentido la población con empleos presenciales, la población con empleos por teletrabajo, y la población inactiva o desempleada representan los niveles que permiten apreciar cómo se mueve la población en el escenario de crisis planteado por la pandemia en función de medidas orientadas al aislamiento y distanciamiento físico.

Tabla 8. Variables del modelo y unidades de medida

Variable	Unidad
Población con Empleos Presenciales (PEP)	Personas
Población con Empleos Por Teletrabajo (PETT)	Personas
Población Inactiva o Desempleada (PIOD	Personas
Riesgo de Contagio (RC)	Dimensionless
Población Empleada (PE)	Personas
Población Con Capacidades TIC (PCT)	Personas
Restricción Presencialidad (RP)	1/Semana
Flexibilización para Retorno a Presencialidad (FRP)	1/Semana
Total Población (TP)	Personas
Tasa Flexibilización para Retorno a Presencialidad (TFRP)	1/Semana
Tasa Restricción Presencialidad (TRP)	1/Semana

Variable	Unidad
Tasa Empleos Que No Pueden Hacerse Por Teletrabajo (TENPHPT)	1/Semana
Tasa Población Inactiva O Desempleada Que puede Teletrabajar (TPIODPTT)	1/Semana

Fuente: Autor

La mayoría de las medidas implementadas para la contención de los efectos de la pandemia en el sector económico promovían el teletrabajo como principal estrategia para el desempeño de labores, al tiempo que se evitaba el contacto físico con otras personas. Esta transición forzada de presencialidad a teletrabajo involucró un esfuerzo económico, bien fuese por parte de los empleadores como de los empleados para contar con los recursos tecnológicos suficientes que permitieran desempeñar sus actividades por teletrabajo, en aquellos casos en los que la labor permitía ser realizada bajo esta modalidad.

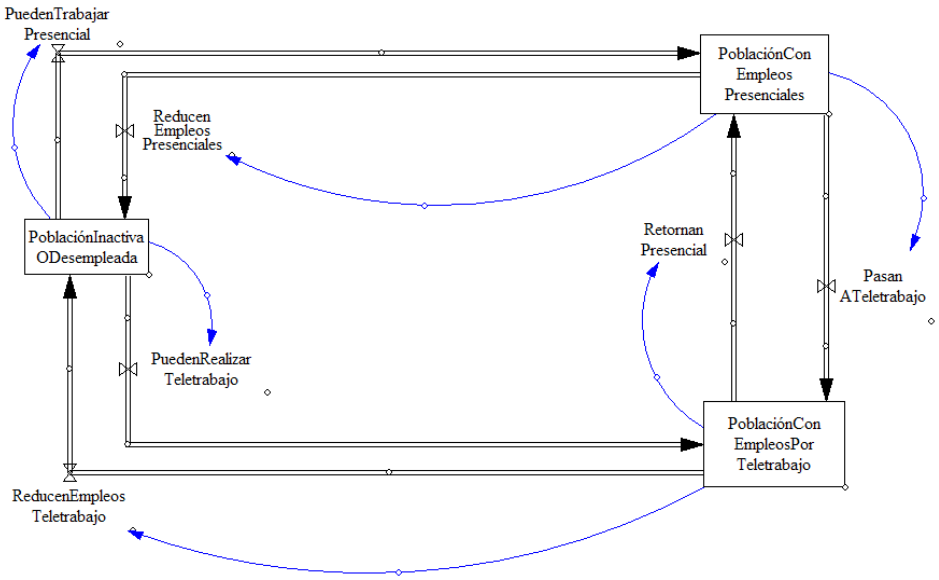
Las políticas de distanciamiento físico fueron muy estrictas durante los primeros meses de la pandemia y restringían casi que en su totalidad las actividades en oficinas, espacios cerrados, y en general, donde hubiese interacción física o personal masivo. Evidentemente, esto tuvo un efecto en aquellas labores que exigían presencialidad, o que requerían que clientes acudieran a un lugar físico; ejemplo son los negocios de comida o restaurantes. Los restaurantes son un caso particular, porque si bien tuvieron restringido el acceso de sus clientes a sus espacios físicos, su naturaleza como negocio les permitió adaptarse rápidamente a la crisis y a las políticas bajo el aprovechamiento de las herramientas tecnológicas que permitieron potenciar estrategias de envíos de domicilio. Sin embargo, este no fue el caso de una gran parte de la población empleada de forma presencial, que ante la imposibilidad de desempeñarse por teletrabajo pasó a ser parte de la población inactiva o desempleada.

Bajo estas consideraciones la población podía moverse entre uno de estos estados (Presencialidad, Teletrabajo o Desempleo/inactividad). La Figura 15 muestra está dinámica en el modelo, representando la primera estructura para la construcción de este.

El riesgo de contagio se definió en función de la proporción entre la población empleada de forma presencial sobre la suma de la población con empleo por teletrabajo y la población inactiva o desempleada. Estos dos últimos grupos poblacionales son los determinantes de que el riesgo de contagio en la población baje, dado que hacen parte de la población que está cumpliendo (de manera deseada o no) con el distanciamiento físico que evita la propagación del virus. Se estableció un factor de contagio añadido al modelo definido en función de un estimado promedio de la tasa de contagio en la población por cada 100.000

habitantes, según estadísticas del Ministerio de Salud (MinSalud, 2022), que corresponde aproximadamente a un factor de 0.25.

Figura 15. Niveles y flujo de población.



Fuente: Autor

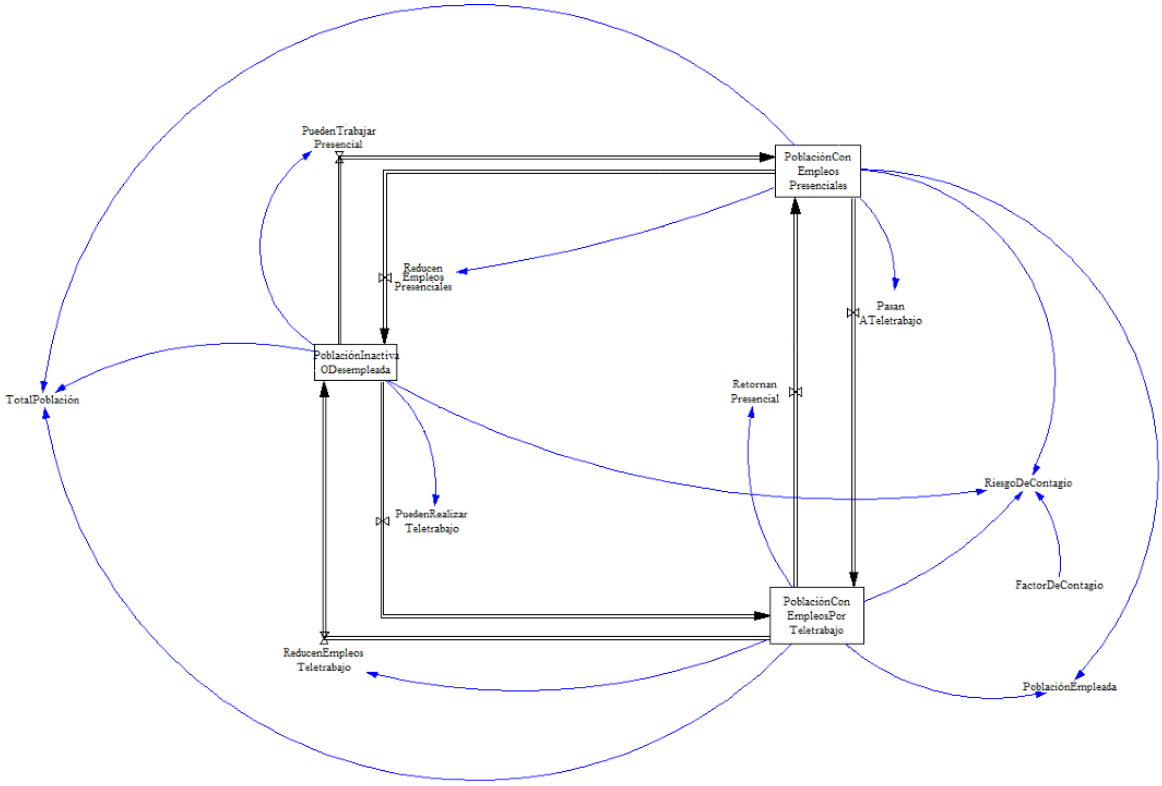
La población empleada está determinada por la suma de los empleados presenciales más los empleados por teletrabajo, y el total de la población en el modelo está dado por la suma de estos dos más la población desempleada o inactiva. Como se mencionó anteriormente, no se consideran nuevas entradas o salidas de personas en las fronteras del modelo para las simulaciones, sin embargo, se propone como variable para ser considerada en modelos futuros. La Figura 16 refleja estas variables agregadas a la estructura del modelo.

Para esta investigación se definió qué el índice de población con capacidad económica está determinado por la proporción de población empleada sobre el total de la población durante el horizonte del tiempo establecido en la crisis de pandemia. Este índice permite fácilmente establecer la proporción absoluta de gente con capacidad económica para acceso, uso y apropiación de TIC como indicador de inequidad digital. El índice de población con capacidad económica durante la crisis está definido en valores porcentuales de cero a uno, donde a mayor valor del índice, menor será la inequidad digital en la población durante la pandemia y viceversa. Para los niveles se establecieron constantes de valores iniciales; estos elementos se ven agregados en la estructura del modelo, presentada en la Figura 17.

En concordancia con el horizonte de tiempo y la unidad de tiempo establecidas en la estructura del modelo, los flujos se definieron en función del flujo de personas/semana que pasan de un nivel a otro. La reducción de empleos

presenciales hace que exista un flujo de población con empleo presencial hacia la población inactiva o desempleada; la principal razón para que esto ocurra es que, en efecto, una proporción de estos empleos presenciales no pueda realizarse por la modalidad de teletrabajo. De igual forma, durante este periodo un porcentaje de la población puede pasar a desempeñar labores presenciales, si bien, debido a las políticas de distanciamiento físico durante la crisis, este debe ser un porcentaje muy bajo.

Figura 16. Riesgo de contagio, población empleada y total población.

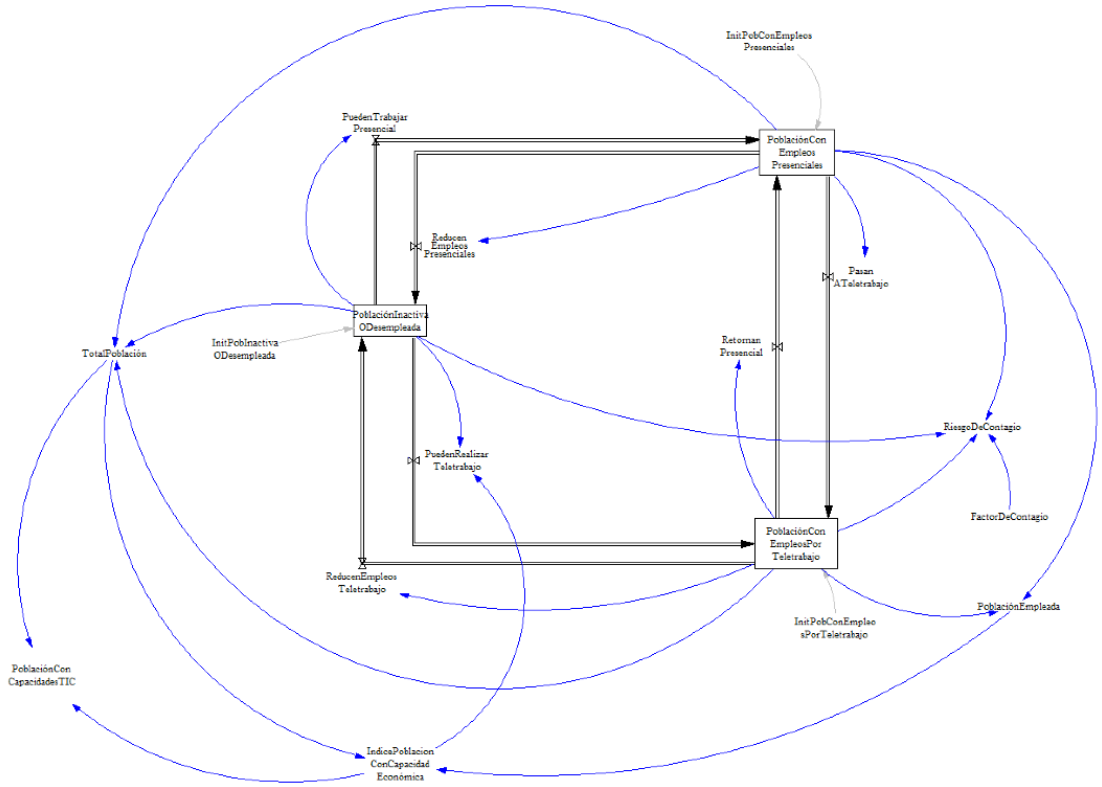


Fuente: Autor.

El escenario ideal para la situación de crisis de pandemia fue que la mayoría de población empleada de forma presencial pasase a desempeñar sus labores por medio de la modalidad de teletrabajo. Esa política se convirtió en la bandera de muchos gobiernos, incluido el colombiano para estimular el distanciamiento físico y el aislamiento de la población en sus casas, reduciendo la propagación del COVID-19. La proporción de población empleada de forma presidencial pasando a desempeñar labores por teletrabajo estuvo determinada por la severidad de las restricciones a la presencialidad, desde el momento en que el gobierno declaró las políticas de aislamiento, teletrabajo y cuarentenas obligatorias. Eventualmente, en la medida que el riesgo de contagio fue decreciendo en la población, se flexibilizaron las políticas de distanciamiento físico, por ejemplo, el paso de la política de aislamiento obligatorio a la de aislamiento selectivo. Esto hizo que, gradualmente,

parte de la población pudiese retornar a la presencialidad en aquellos casos que fuesen factibles según el gobierno, empezando por los empleados del sector público.

Figura 17. Índice de Población con Capacidad Económica.



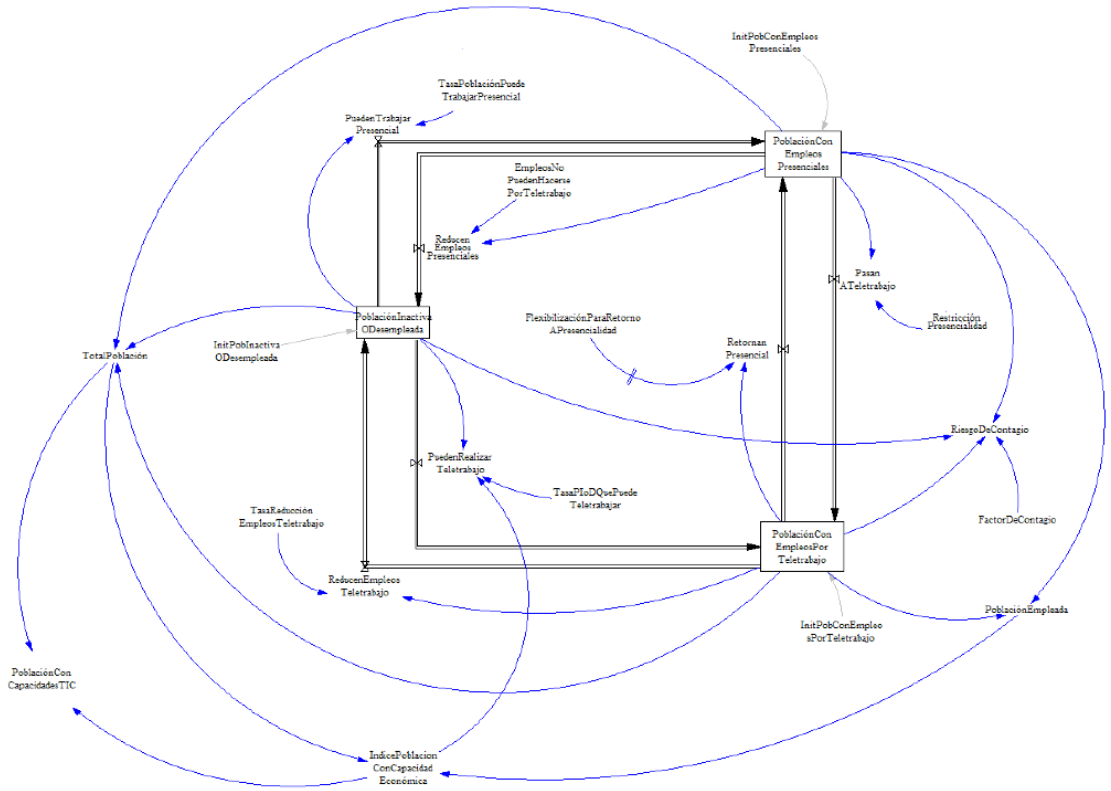
Fuente: Autor

Eventualmente, parte de la población inactiva o desempleada podría pasar a realizar labores de teletrabajo, bien sea porque adquirieron capacidades en acceso, uso y apropiación de TIC, como por estímulos que les permitieron pasar de estar inactivos o desempleados a empleos que pudiesen desempeñarse por teletrabajo. También es posible que parte de la población empleada por teletrabajo pasara a ser parte de la población inactiva o desempleada por diversas razones; aun así, sería un porcentaje poblacional considerablemente pequeño, dado el foco de las estrategias para combatir la crisis en trasladar la presencialidad al teletrabajo, estimular esta modalidad y mantenerla durante la coyuntura de la crisis generada por la pandemia. La Figura 18 contiene las variables o constantes en la estructura que tasan la proporción de personas pasando de un nivel a otro por semana.

En este punto se empezó a agregar las estructuras de realimentación del modelo. El riesgo de contagio representa el principal factor de determinación de políticas de distanciamiento físico durante la crisis del COVID-19. Esta variable tiene influencia principalmente sobre los flujos de transición de empleos presenciales al teletrabajo,

así como del retorno gradual de población trabajando de forma remota a la presencialidad.

Figura 18. Tasas afectando a los flujos,



Fuente: Autor.

Las restricciones a la presencialidad ponían límites sobre cuánta proporción de la población empleada presencialmente debía estar pasando a desempeñar labores por teletrabajo, haciendo que una tasa de restricción de presencialidad constante fue agregada la estructura y en conjunto con el riesgo de contagio definir el porcentaje de población pasando a teletrabajo de forma semanal.

Por otra parte, las políticas de flexibilización para retorno a la presencialidad fueron implementadas una vez que se observó un descenso en la cantidad de infectados diarios por COVID, y por consecuencia, en el riesgo de contagio existente por el virus. Estas políticas fueron implementadas meses después del comienzo de la crisis, y determinaron la cantidad de personas que gradualmente estarían retornando a la presencialidad. Las personas que padecieron los efectos económicos más críticos de la pandemia fueron, sin duda, los que pasaron a ser parte de la población inactiva o desempleada. En los escenarios más positivos en la crisis, con el rigor de las medidas de aislamiento físico, y ante la imposibilidad de desempeñar labores en la presencialidad, la alternativa residió en que pudieran

realizar teletrabajo, siempre que tuviesen la capacidad económica que les permitiera el acceso, uso y apropiación de TIC para este fin. En este modelo, se considera un porcentaje de la población inactiva o desempleada que pudo desempeñarse por teletrabajo, en función de la población con capacidad económica en cada periodo del horizonte de tiempo. Se realizó la validación de consistencia dimensional para prueba de estructura del modelo por medio de la herramienta Vensim, la cual arrojó como resultado la consistencia dimensional esperada. La Figura 19 presenta la estructura del modelo dinámico sistémico que modela el problema objetivo de esta investigación.

El modelo construido presenta una serie de constantes cuyo valor inicial fue definido. Se establecieron los valores para las constantes de valores iniciales de los niveles, así como de las tasas porcentuales que rigen los flujos del modelo. Se definió una población total de 1'000.000 de personas empleadas, de las cuales un 10% está empleada bajo la modalidad teletrabajo y el 90% restante está empleada bajo la modalidad presencial. Para el comienzo de la pandemia, el panorama del teletrabajo mostraba un bajo nivel de trabajadores desempeñándose bajo esta modalidad respecto de los empleados presenciales (Pongutá, 2020), razón por la que se tomó una proporción inicial de 1 empleado por cada 10 haciendo sus labores de forma remota al comienzo del tiempo de simulación. La población inactiva o desempleada se inicializó con un valor de 0, justamente para apreciar la dinámica de este nivel acorde al paso del tiempo en la simulación, donde ya se identifica que parte de la población no pudo desempeñarse en la presencialidad o por teletrabajo por causa de la pandemia.

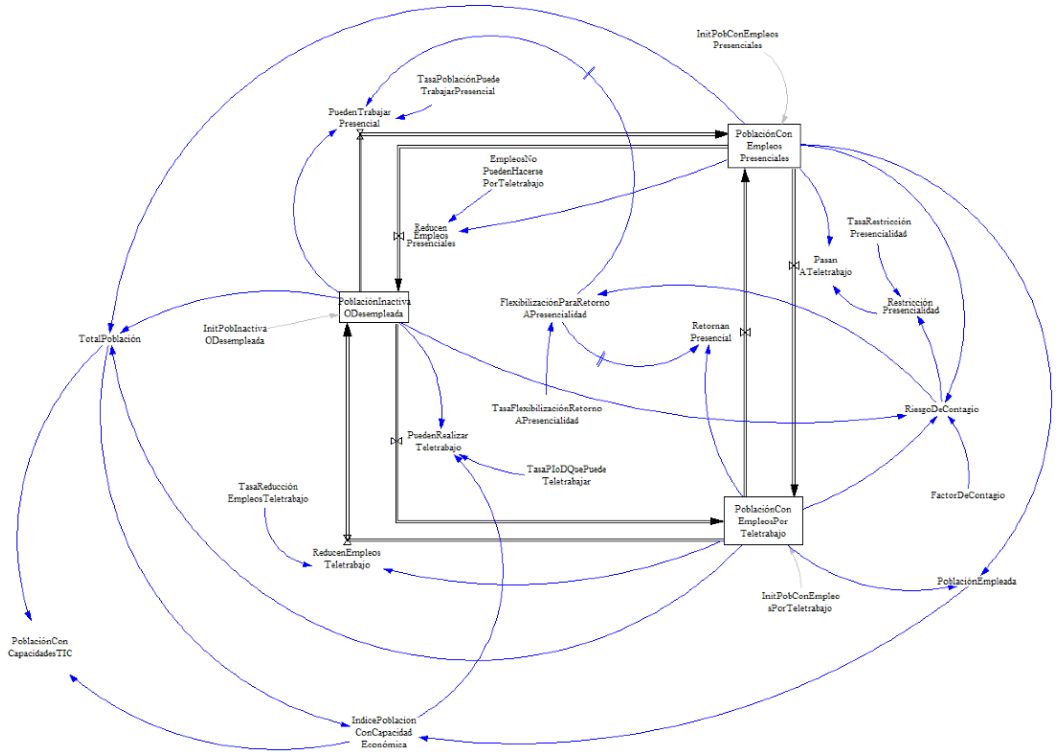
Como ya se había mencionado antes, el valor para el factor de contagio se definió en 0.25. La tasa de restricción de la presencialidad que define la proporción de personas que por las políticas pasan al teletrabajo se estableció en un 2.5% semanal del total de población empleada presencialmente, mientras que la tasa de flexibilización del retorno a la presencialidad se definió en un 2% semanal del total de población en teletrabajo. Se resalta que la flexibilización del retorno a la presencialidad se define por medio de un retraso en la política acorde a lo que el gobierno implementó según la reducción de casos diarios de contagiados por virus, donde, por ende, significaba una reducción misma del riesgo de contagio en la población. Este retraso para la implementación de la política se establece en la Semana 25 del horizonte de tiempo, donde oficialmente el gobierno establece la política de aislamiento selectivo y retorno gradual y progresivo de servidores públicos[20]. De esta forma, se define una tasa de retorno a la presencialidad de un 2% semanal.

Para aquellos empleos presenciales en los que la población no podía hacer transición hacia la modalidad de teletrabajo, se definió una tasa de 1.5% semanal

[20] 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-retornar-a-oficinas-534274

de la población trabajando en la presencialidad que pasaba a ser parte de la población inactiva o desempleada. En el caso de la población inactiva o desempleada que, por determinadas razones podría realizar trabajo presencial, se definió una tasa de empleabilidad presencial de 0,5% por semana con relación a la población inactiva o desempleada. Aquí se definió un porcentaje relativamente bajo en comparación de los demás, considerando que el escenario más complicado para la población inactiva o desempleada durante la crisis de la pandemia fue retornar a la realización de labores presenciales, teniendo en cuenta las políticas de distanciamiento físico y aislamiento establecidas por el gobierno para restringir al máximo la actividad presencial. Esta tasa representa aquellos empleos o actividades económicas que no requerían mayor interacción física para ser desarrolladas desde la presencialidad.

Figura 19. Diagrama completo de flujos y niveles.



Fuente: Autor.

La tasa de población inactiva o desempleada que puede teletrabajar se estableció en un 3% semanal del total de este grupo poblacional. En contraste con la población de este grupo qué pasó a empleos presenciales, el porcentaje es considerablemente mayor, como consecuencia del fomento de la modalidad de teletrabajo durante la crisis. La tasa de reducción de empleos por teletrabajo fue definida en 0.5% por semana, considerando que serían muy pocos los casos que en medio de la crisis pudieran verse afectados para que no fuesen realizados por esta modalidad. El factor de contagio se había establecido previamente en 0.25

semanal definido por estadísticas del gobierno de tasa de contagiados por cada 100.000 habitantes. En la Tabla 10 se presentan las ecuaciones, constantes y valores iniciales para las variables y constantes definidas en el diseño del modelo de simulación resultante.

Tabla 9. Ecuaciones de las variables en el modelo.

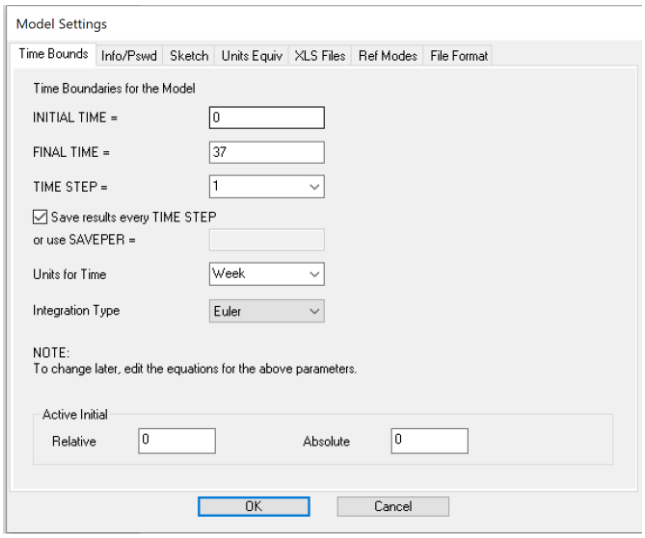
Variable	Tipo	Unidad	Ecuación
Población con Empleos Presenciales (PEP)	Nivel	Personas	PTP + RP - PATT - REP
Población con Empleos Por Teletrabajo (PETT)	Nivel	Personas	PATT + PRTT – REP - RETPR
Población Inactiva o Desempleada (PIOD)	Nivel	Personas	REP + RETT – PRTT – PTP
Riesgo de Contagio (RC)	Auxiliar	Dimensionless	(PEP / (PETT + PIOD)) * FDC
Población Empleada (PE)	Auxiliar	Personas	PETT + PEP
Población Con Capacidades TIC (PCT)	Auxiliar	Personas	IPCCE * TP
Restricción Presencialidad (RP)	Auxiliar	1/Semana	RDC * TRP
Flexibilización para Retorno a Presencialidad (FRP)	Auxiliar	1/Semana	DELAY FIXED (TFRP / RDC, 25, 0)
Total Población (TP)	Auxiliar	Personas	PETT + PEP + PIOD
Tasa Flexibilización para Retorno a Presencialidad (TFRP)	Constante	1/Semana	0.02
Tasa Restricción Presencialidad (TRP)	Constante	1/Semana	0.025
Tasa Empleos Que No Pueden Hacerse Por Teletrabajo (TENPHPT)	Constante	1/Semana	0.015
Tasa Población Inactiva O Desempleada Que puede Teletrabajar (TPIODPTT)	Constante	1/Semana	0.03
Pasan A Teletrabajo (PATT)	Auxiliar (Flujo)	Personas/Semana	PEP * RP
Retornan Presencial (RETPR)	Auxiliar (Flujo)	Personas/Semana	PETT * FRP
Pueden Realizar Teletrabajo (PRTT)	Auxiliar (Flujo)	Personas/Semana	TPIODPTT * PIOD * IPCCE
Reducen Empleos Teletrabajo (RETT)	Auxiliar (Flujo)	Personas/Semana	PETT * TRETT
Pueden Trabajar Presencial (PTP)	Auxiliar (Flujo)	Personas/Semana	PIOD * TPPTP
Reducen Empleos Presenciales (REP)	Auxiliar (Flujo)	Personas/Semana	TENPHPT * PEP
Factor De Contagio (FDC)	Constante	Dimensionless	0.25
Tasa Población Puede Trabajar Presencial (TPPTP)	Constante	1/Semana	0.005
Tasa Reducción Empleos Teletrabajo (TRETT)	Constante	1/Semana	0.005
Init Población Con Empleo Por Teletrabajo (IPCETT)	Constante	Personas	100.000
Init Población con Empleos Presenciales (IPCEP)	Constante	Personas	900.000
INIT Población Inactiva O Desempleada (IPIOD)	Constante	Personas	0
Índice Población Con Capacidad Económica (IPCCE)	Auxiliar	Dimensionless	PE / TP

Fuente: Autor.

3.5 SIMULACIÓN DEL MODELO CON VALORES INICIALES

El modelo dinámico sistémico construido en la herramienta Vensim fue simulado bajo la configuración de parámetros mostrada en la Figura 20. Como se había establecido previamente, se consideró como horizonte de tiempo la fecha de declaración de la pandemia (marzo de 2020) hasta una de las fechas donde el primer pico de contagios por covid-19 presentó uno de sus números más bajos (octubre de 2020); esto equivale aproximadamente 8 meses, 37 semanas para ser más exactos. Las unidades para el tiempo se establecieron en consecuencia en semanas, y así fue ajustado en la configuración de parámetros del modelo.

Figura 20. Configuración de parámetros del modelo en Vensim.

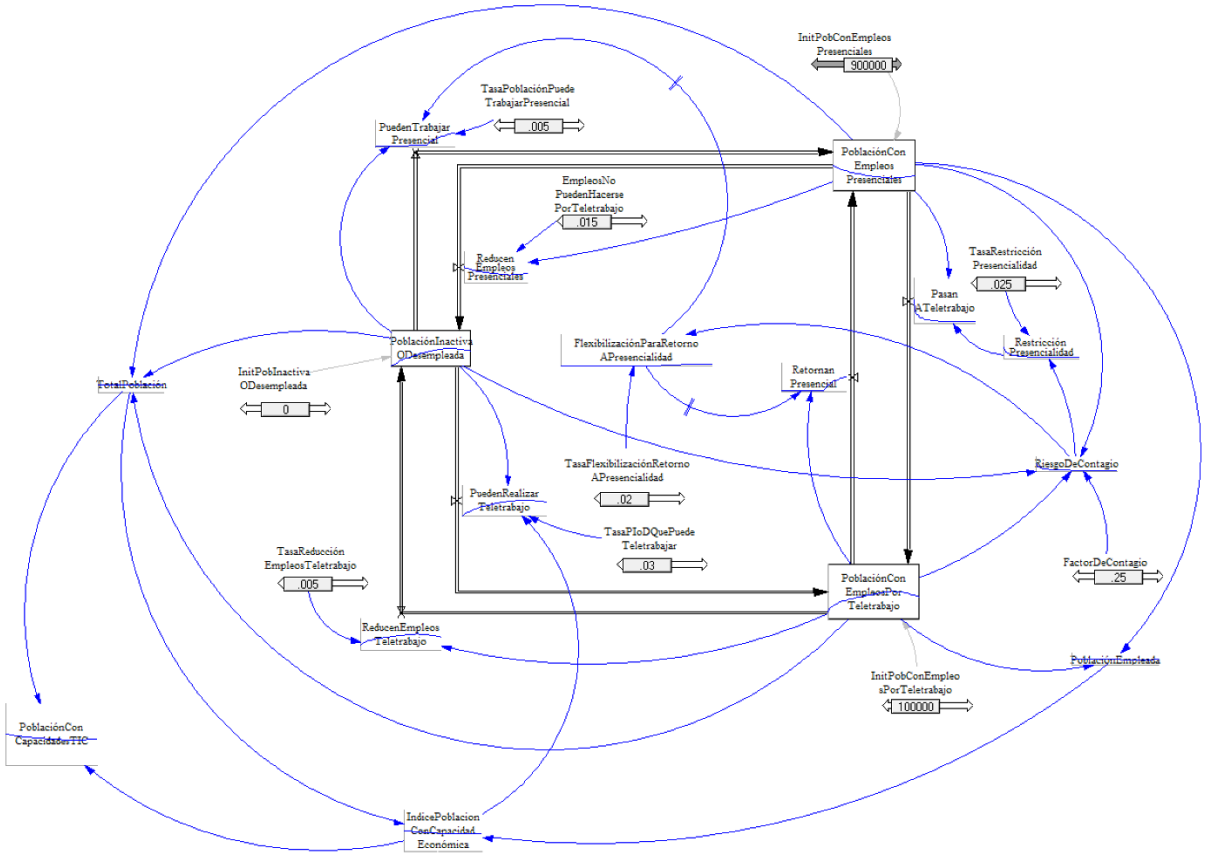


Fuente: Autor.

Ajustados los valores iniciales acordes a lo expuesto en la Tabla 10, la cual contiene las ecuaciones de las variables y los valores iniciales, se ejecutó la simulación del modelo, representado en la herramienta Vensim tal cual se presenta en la Figura 21. Se realizó una comparación de las gráficas obtenidas mediante la simulación, con los modos de referencia previamente expuestos.

En relación con los modos de referencia de la población con empleos por teletrabajo y la población con empleos presenciales, se aprecia en los resultados de simulación un descenso considerable en la población empleada presencialmente, con un leve repunte después de la semana 25. Esto coincide con lo esperado en el modo de referencia, donde la implementación de políticas de flexibilización de la presencialidad, unido con la necesidad de reactivar lentamente el sector de la población afectado económicamente por la pandemia, condujo a un retorno a la presencialidad gradual, especialmente aquella población inactiva o desempleada durante la crisis.

Figura 21. Ejecución de la simulación del modelo en Vensim.

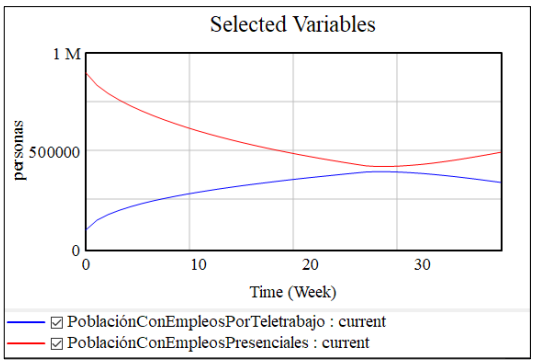


Fuente: Autor.

Esta política de flexibilización también impactó en la población con empleos por teletrabajo, la cual presentó un crecimiento abrupto hasta la semana 25, llegando a casi 400.000 empleos bajo esta modalidad, y mostrando un leve descenso hasta la semana 37. Este descenso corresponde principalmente a aquella población qué hacía parte del sector laboral habilitado para el retorno gradual a las oficinas que se encontraba trabajando de forma remota. La Figura 22 refleja los resultados de esta simulación.

La población empleada (población en presencialidad más población teletrabajando) registró un descenso de aproximadamente un 18.2% a la semana 25, donde se implementó la política de flexibilización para retorno a la presencialidad. Considerando que, en la definición de los límites del modelo los niveles no registran flujos de entrada o salida externos a la estructura de este, la población inactiva o desempleada queda representada proporcionalmente inversa a la reducción de la población empleada.

Figura 22. Resultados simulación: Población con empleos por teletrabajo y Población con empleos presenciales

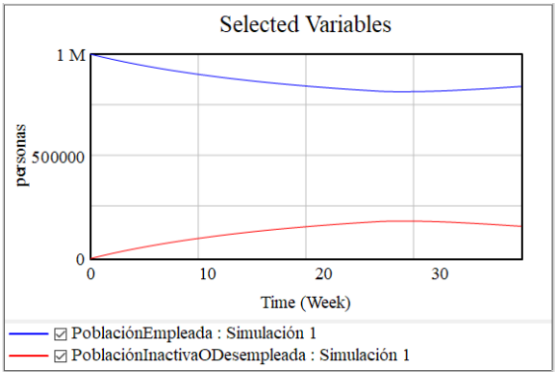


Fuente: Autor.

Similar a los modos de referencia de población empleada y población inactiva o desempleada, se evidencia el crecimiento de la población inactiva hasta la semana 25, donde después se aprecia un leve descenso de este grupo poblacional. Esta es la proporción inversa observada en la población empleada, donde hasta la semana 25 presenta un descenso constante, pero toma una ligera tendencia al alza después de la implementación de la política de flexibilización.

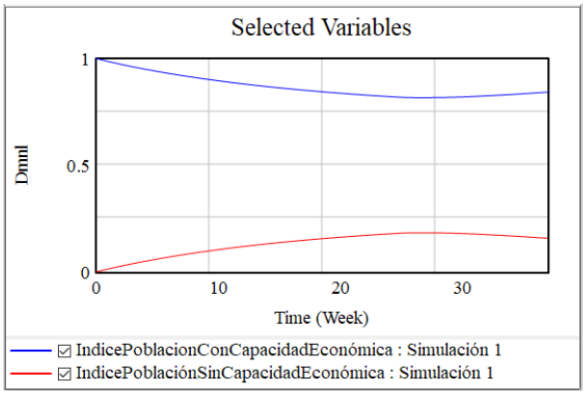
Se evidencia de forma análoga en la gráfica de simulación del índice de población con capacidad económica y el índice de población sin esta, donde se observa una reducción porcentual de la población con capacidad económica, sustentada principalmente en toda la población que pasó a un estado de inactividad o desempleo, y en igual proporción incrementa el índice de población sin capacidad económica. La Figura 23 presenta los resultados de simulación para la población empleada y la población inactiva o desempleada, mientras que la Figura 24 muestra los resultados de la simulación para los índices de población con y sin capacidad económica.

Figura 23. Resultados simulación: Población empleada y Población Inactiva o Desempleada.



Fuente: Autor.

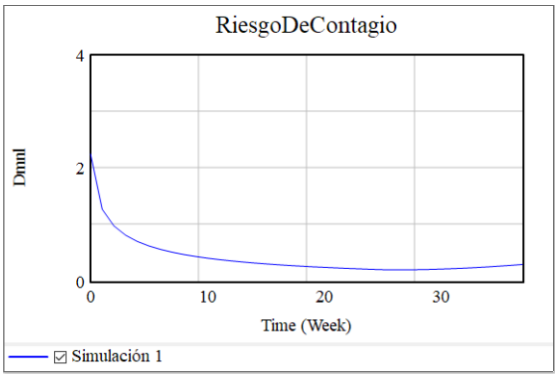
Figura 24. Resultados simulación: Índice Población Con y Sin Capacidad Económica.



Fuente: Autor.

En relación con el riesgo de contagio, la simulación muestra un decrecimiento exponencial hasta la semana 25, donde se observa una subida leve en este valor. El retorno a la presencialidad involucra interacción física entre los empleados que laboran bajo esta modalidad, lo cual representa un incremento gradual en el riesgo de contagio por COVID-19. La Figura 25 refleja los resultados de la simulación del riesgo de contagio

Figura 25. Resultados simulación. Riesgo de Contagio



Fuente: Autor.

3.6 SIMULACIÓN DE EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE AYUDAS ECONÓMICAS AL EMPLEO DURANTE LA CRISIS

El gobierno Nacional de Colombia, por medio del decreto 639 del 2020 promulgado en el marco del Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica declarado por el decreto 637 del mismo año, estableció la creación del Programa de Apoyo al

Empleo Formal - PAEF, con cargo a los recursos del Fondo de Mitigación de Emergencias – FOME, como un programa social de apoyo y protección del empleo formal del país durante la pandemia del COVID-19[21]. Esta política, junto con la política del Programa Ingreso Solidario, se convirtieron en dos de las estrategias principales para contener los efectos económicos negativos de la pandemia en la población. La primera, fue orientada a la protección del empleo formal y el apoyo a la pequeña y mediana empresa, mientras que la segunda estuvo dirigida inicialmente a la población colombiana y hogares registrados en condición de pobreza extrema en Sisben IV (Grupo a).

El Programa Ingreso Solidario benefició a una parte de la población que pasó a un estado de inactividad y desempleo por causa de la crisis. La política del PAEF, sin embargo, apuntó a la protección y resguardo del empleo formal ante los escenarios críticos ocasionados por el COVID-19, en los que empresas y empleadores pudieran recibir un auxilio económico para el pago de la nómina de sus empleados. Teniendo esto en consideración, se determinó evaluar el impacto de una política económica como el PAEF en el diseño del modelo, la cual puede contribuir a la reducción del flujo de población empleada (presencialmente o por teletrabajo) hacia un estado de población inactiva o desempleada durante la crisis, y se puede ajustar para su inclusión dentro del modelo.

Por la naturaleza de la política del PAEF de proteger el empleo formal activo en la población (evitar o disminuir la reducción de la población empleada), ésta impacta directamente en los flujos de Reducción de empleos presenciales (REP) y Reducción de empleos por teletrabajo (RETT) definidos en el modelo. Esto significa que, a mayor ayuda o cubrimiento de la política sobre la población empleada, fuese presencial o por teletrabajo, menor será el flujo de población pasando de estos dos estados hacia el estad0o de población inactiva o desempleada. Esta política representa un subsidio por parte del gobierno; se trató como una constante de unidad adimensional, siendo definida con un valor porcentual de 20% del flujo semanal de empleados presenciales o por teletrabajo pasando al ser parte de la población inactiva y desempleada.

Dado que la política del PAEF impacta sobre los flujos RETT y REP, su adición al modelo para la siguiente simulación involucró la modificación de las ecuaciones de estos dos flujos. El subsidio PAEF se agrega a las ecuaciones restando su valor definido al 100%, para así conseguir que, a mayor valor porcentual en la política de PAEF, menor sea el flujo de población pasando a estar inactiva o desempleada. Las ecuaciones para los flujos de REP y RETT quedaron como se muestra en la Tabla 11.

[21] 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

Tabla 10. Valor definido para Subsidio PAEF (SPAEF) y nuevas ecuaciones para REP y RETT.

Variable	Tipo	Unidad	Ecuación
Subsidio PAEF (SPAEF)	Constante	Dimensionless	0.20
Reducen Empleos Teletrabajo (RETT)	Auxiliar (Flujo)	Personas/Semana	PETT * TRETT * (1 – SPAEF)
Reducen Empleos Presenciales (REP)	Auxiliar (Flujo)	Personas/Semana	TENPHPT * PEP * (1 – SPAEF)

Fuente: Autor.

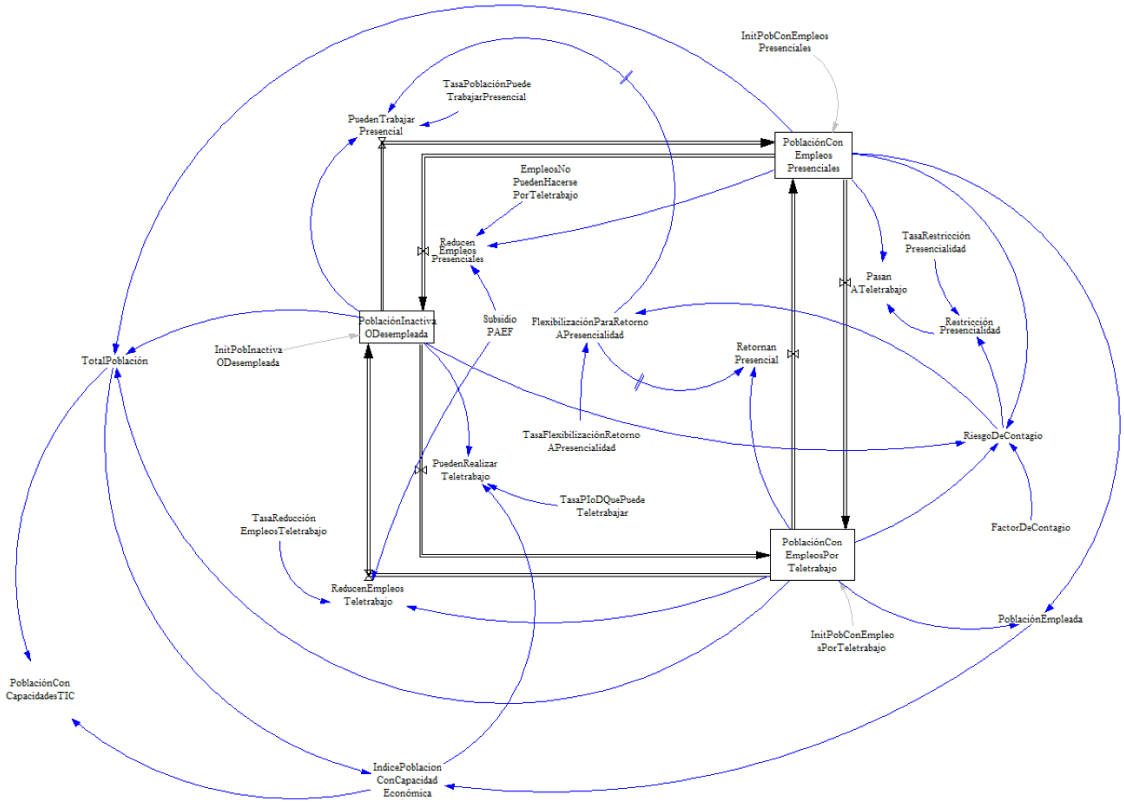
El subsidio PAEF se agregó a la estructura del modelo inicial, conectando con las entradas de los flujos de Reducción de empleos presenciales y Reducción de empleos por teletrabajo. La Figura 26 presenta el resultado de la adición de esta política al diseño del modelo.

Se plantearon nuevos modos de referencia para algunas de las variables definidas en el modelo, teniendo en cuenta el impacto de esta política en las mismas. El subsidio del PAEF generó beneficios de apoyo y protección al empleo principalmente en las micro, pequeñas y medianas empresas[22]. Al ayudar a la conservación de empleos en Colombia durante la crisis, la reducción de empleos presenciales fue menor a la esperada en un escenario sin esta política. Al existir también políticas de fomento al teletrabajo durante la pandemia, y Al haber un mayor de número de personas trabajando en la presencialidad, se espera que la política del país también tenga un efecto en el incremento de los empleos qué pasan de la presencialidad al teletrabajo. La Figura 27 muestra el modo de referencia para la dinámica de los empleos presenciales - los más afectados negativamente por la crisis, considerando la política del subsidio PAEF y comparando contra el modo de referencia que no tiene en cuenta esta política.

Los efectos de esta política también se ven reflejados en la población empleada y la población inactiva o desempleada. Mientras que, por la conservación de empleo, la primera debe presentar un impacto negativo menor a lo largo del tiempo durante la crisis, la segunda debe presentar en contraste una reducción en sus índices en el tiempo, previendo el impacto positivo de la política para prevenir el paso de población empleada presencialmente o por teletrabajo hacia un estado de inactividad o desempleo. La Figura 28 presenta los modos de referencia para la población empleada y la población inactiva, viéndose impactadas por la política del PAEF, además de la comparación con los modos de referencia de estos sin el impacto de la política.

[22] Instituto Nacional de Contadores Públicos (2021). Principales conclusiones sobre el desempeño del PAEF en 2020. https://incp.org.co/principales-conclusiones-sobre-el-desempeno-del-paef-en-2020/

Figura 26. Política de subsidio PAEF agregada al diseño del modelo.



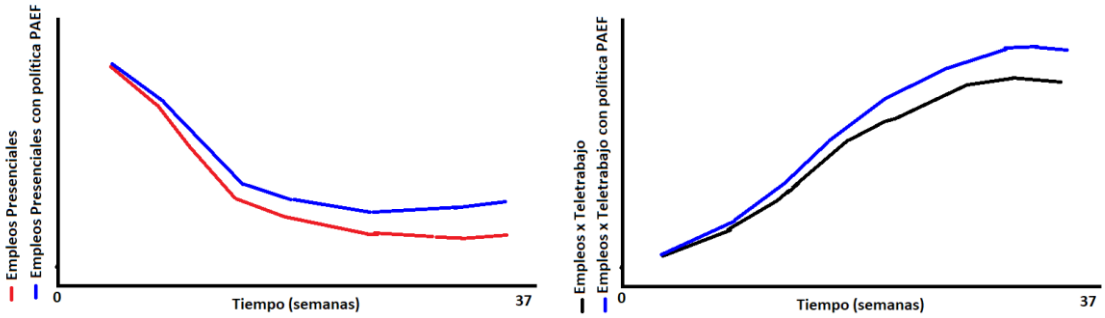
Fuente: Autor.

Al haber mayor población empleada durante la crisis, el índice de población con capacidad económica resulta siendo mayor a lo largo del horizonte de tiempo; es lo inverso que sucede con la proporción de personas que no cuentan con capacidad económica durante la pandemia. La Figura 29 representa los modos de referencia para la proporción de población con capacidad económica y población sin capacidad económica durante la crisis, teniendo en cuenta el impacto de la política del PAEF, y muestra la comparativa con el modo de referencia sin el impacto de la política reflejado.

La política del PAEF promovió la conservación de empleos durante la crisis del COVID-19 a través de subsidios para el pago de la nómina de los empleadores y las pequeñas y medianas empresas. Con esto, se controló que menos empleos presenciales se perdieran, al igual que empleos por teletrabajo. Sin embargo, los empleos presenciales - la mayoría de población empleada con relación a la población teletrabajando, representaban el grupo poblacional de mayor impacto en el riesgo de contagio por el virus. Como el PAEF hizo que se conservarán más empleos presenciales, una mayor presencialidad durante la crisis hacía que el riesgo de contagio fuese mayor a lo largo del tiempo, por lo que tuvo un impacto en la reducción del índice de contagio. Se plasma el modo de referencia respectivo del

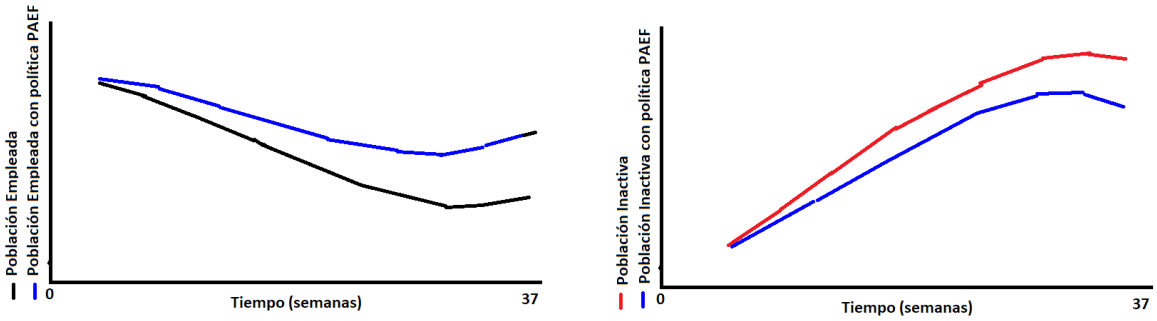
riesgo de contagio con los efectos de la política del PAEF y la comparativa del modo de referencia sin esta política en la Figura 30.

Figura 27. Modos de referencia: Empleos Presenciales Empleos por Teletrabajo, con y sin PAEF.



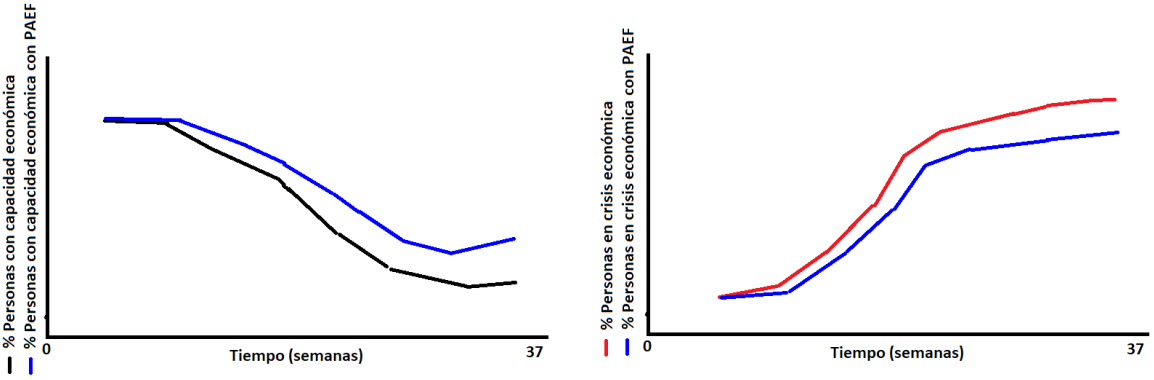
Fuente: Autor.

Figura 28. Modos de referencia: Población empleada y Población inactiva con y sin PAEF.



Fuente: Autor.

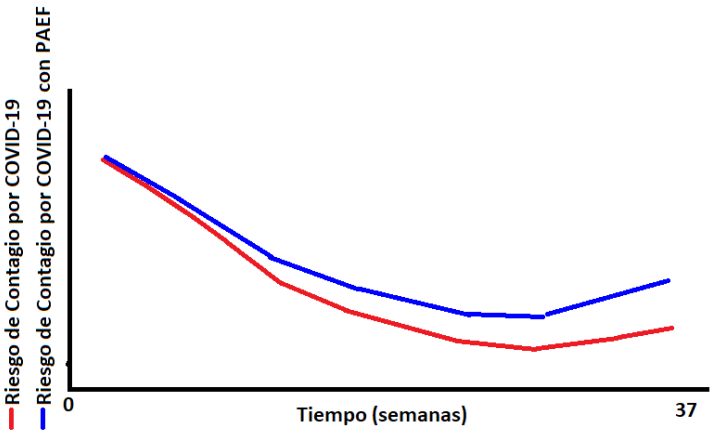
Figura 29. Modos de referencia: Índices población con y sin capacidad económica, con y sin PAEF.



Fuente: Autor.

En la Figura 31 se presenta el diagrama de niveles y flujos con la simulación ejecutada en el software Vensim. Esta simulación se corrió con los valores de las variables iniciales usadas en la primera simulación, más la adición de la política de subsidios del PAEF impactando sobre los flujos de reducción de empleos presenciales y reducción de empleos por teletrabajo. A continuación, se presentan los resultados de las simulaciones y las gráficas comparando los resultados con lo obtenido en la primera simulación del modelo.

Figura 30. Modo de referencia: Riesgo de contagio por COVID-19 con y sin PAEF.

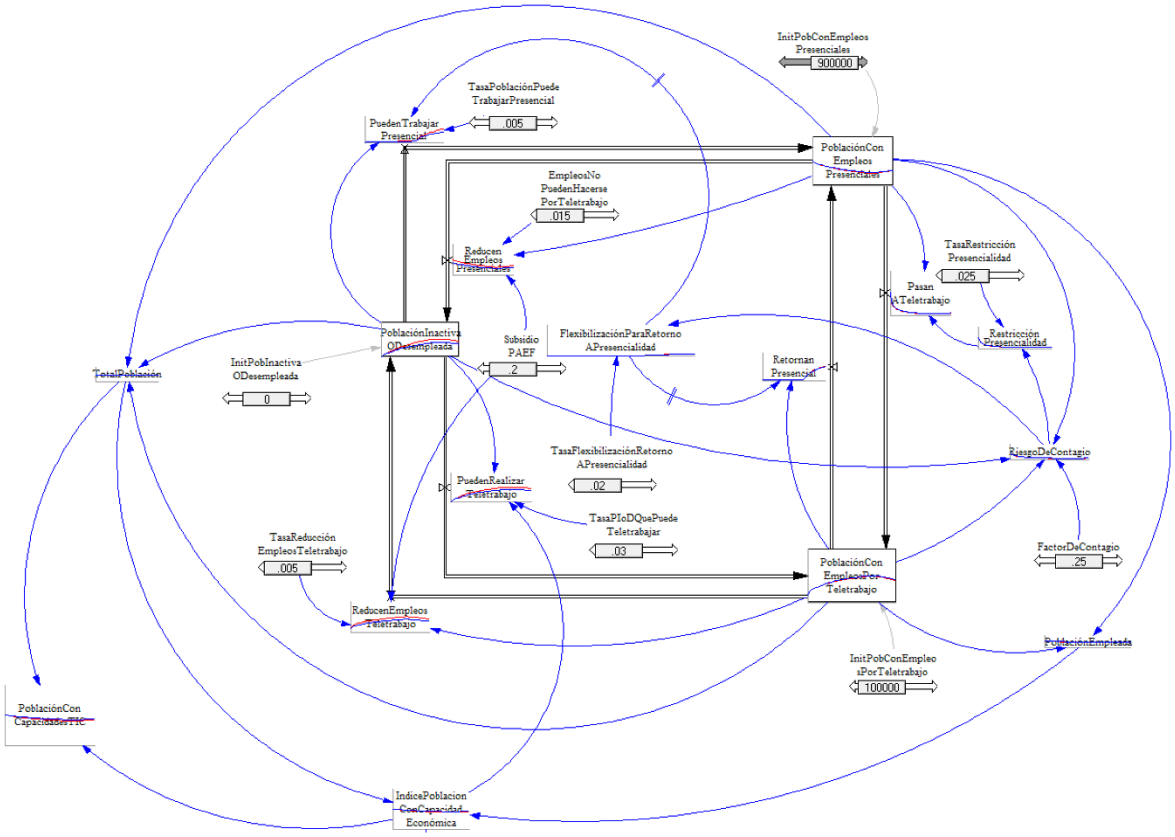


Fuente: Autor.

Bajo la influencia de la política de subsidio PAEF en la simulación, se evidencia una reducción en el descenso del número de empleos presenciales, llegando a tener una diferencia de 15.153 personas con empleos presenciales por encima de lo encontrado en la simulación 1 (1.51% de la población total), la cual no cuenta con el impacto por la política del PAEF en el modelo. Se aprecia un comportamiento similar en la Población con empleos por teletrabajo, donde se observa un incremento de la población teletrabajando al final del horizonte de tiempo respecto de la primera simulación, aunque la diferencia en valores es menor, con 11.641 personas más teletrabajando en comparación con los primeros resultados (1.16% de la población total). Los resultados de simulación en estas variables se presentan en la Figura 32.

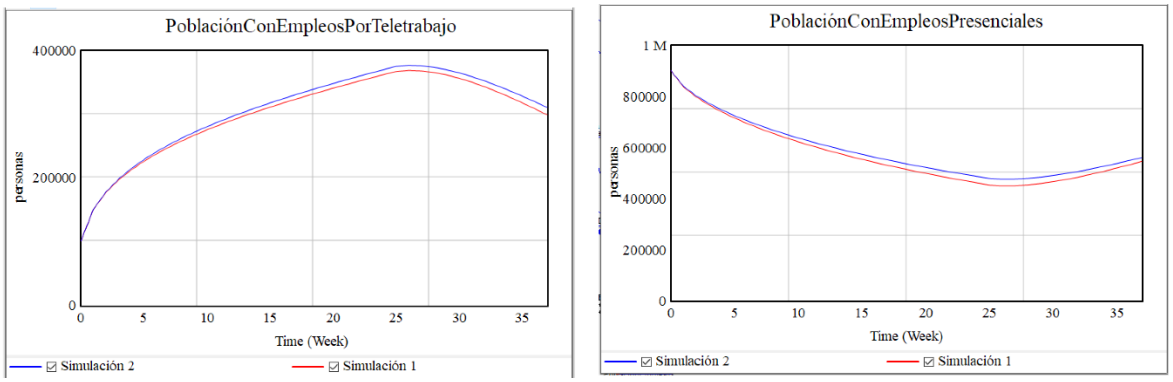
En el caso de la Población empleada, los resultados de simulación con la política del PAEF mostraron una tendencia de reducción de este grupo poblacional, menor de la que se obtuvo en la simulación 1, donde se obtuvieron 26.795 personas empleadas menos (2.67%) en comparación con la actual simulación. Dado que en esta correlación los valores de la población se mueven entre estas dos variables, la Población inactiva o desempleada registra menores valores en el tiempo con el mismo 2.67% de población de diferencia, en comparación de la primera simulación realizada. La figura 33 muestra los resultados comparativos para las simulaciones de Población empleada y Población Inactiva o Desempleada.

Figura 31. Ejecución de la segunda simulación del modelo en Vensim.



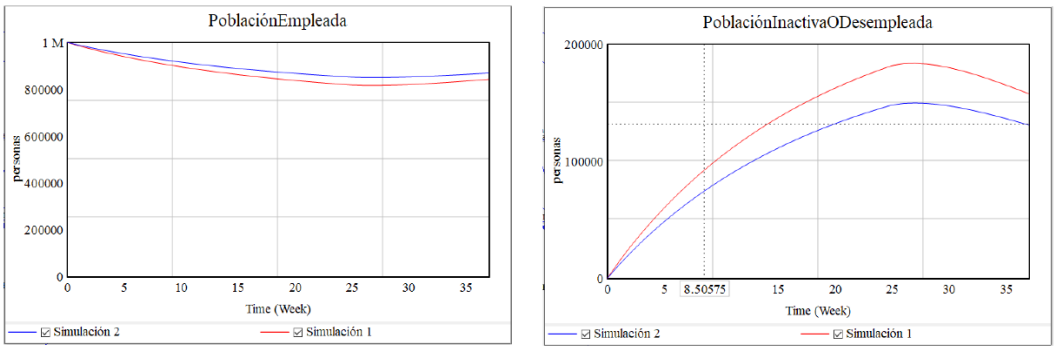
Fuente: Autor

Figura 32. Resultados simulación 2. Población con empleos por teletrabajo y Población con empleos presenciales



Fuente: Autor.

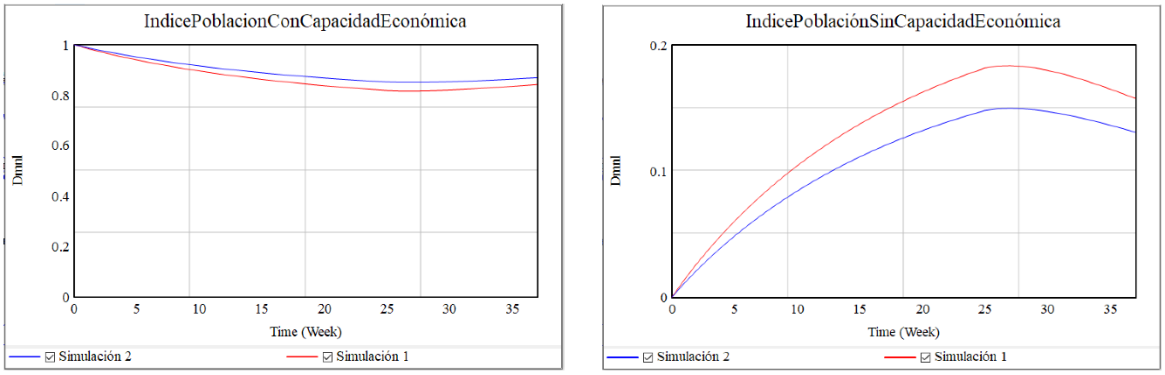
Figura 33. Resultados simulación 2. Población empleada y Población inactiva o desempleada



Fuente: Autor.

Al igual que los resultados de simulación de la Población empleada y la Población inactiva o desempleada, las gráficas del índice de población con y sin capacidad económica se mueven acorde a la dinámica que la política del PAEF genera en el modelo, con una diferencia positiva de casi un 3% (0.0267) respecto de la simulación anterior para el Índice de población sin capacidad económica, reflejando en concordancia una disminución por el mismo valor porcentual en el Índice de población sin capacidad económica. La Figura 34 presenta las gráficas comparativas para los Índices de población con y sin capacidad económica en ambas simulaciones.

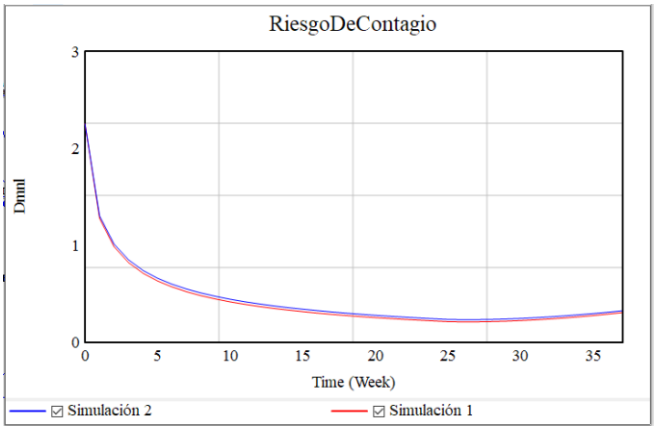
Figura 34. Resultados simulación 2. Índices de población con y sin capacidad económica.



Fuente: Autor.

En el caso del comportamiento del Riesgo de contagio con la política del PAEF, se incrementa levemente el valor de esta variable en un 1,89% con respecto de la simulación anterior, lo que significó un incremento del riesgo de nuevos contagiados por COVID-19 bajo la estructura del modelo. La figura 35 muestra las gráficas del Riesgo de contagio para ambas simulaciones, en la que se aprecia la sutil diferencia de valores.

Figura 35. Resultados simulación 2. Riesgo de contagio



Fuente: Autor.

3.7 COMPARACIÓN CON ESTUDIOS RELACIONADOS

En la revisión literaria realizada para el desarrollo de esta investigación, no se encontraron antecedentes de modelamiento dinámico sistémico que simularan escenarios de la problemática de inequidad digital durante la crisis de pandemia del COVID-19. Se revisaron algunos trabajos con datos e información procesada sobre el comportamiento de la población empleada, el desempleo y las expectativas de recuperación del empleo que permitieran al menos realizar una evaluación comparativa en las tendencias de estas variables durante la crisis de pandemia contra las tendencias de las variables en la simulación, especialmente durante el año 2020. Por medio de esta comparación se realizó la validación de reproducción de comportamiento para prueba de comportamiento del modelo, mediante la comparación de los resultados de simulación con los modos de referencias descritos en este trabajo.

Los resultados de las simulaciones mostraron un incremento en la modalidad del teletrabajo durante la crisis, en contraposición de un decremento de la población empleada presencialmente. García Salas (2020) resalta el incremento del teletrabajo durante la pandemia como factor positivo ante la crisis, aunque éste no da lugar a nuevos puestos de trabajo. En Colombia, las pymes - que aportan el 35% del PIB del país y emplean alrededor de 1.600.000 personas, han perdido hasta 5,4 millones de empleos en lo que iba del confinamiento hasta el mes de abril, lo que corresponde a casi el 30% del personal empleado en estas empresas (García Salas, 2020). Weller (2020) enfatiza en cómo las medidas de contención del COVID-19 tendrán un efecto en mayor o menor grado y según su duración, en la viabilidad de las micro y pequeñas empresas que generan empleo formal. Esto, de por sí puede

darles desventaja en comparación con las grandes empresas por la brecha tecnológica existente (Weller, 2020).

La crisis ha llevado a una destrucción del empleo; el Banco Interamericano de Desarrollo estimó que durante la crisis se perderían en la región entre 4.4 y 14.8 por ciento de los empleos formales, además de una proyección en la tasa de desempleo en la región del 11, 5% (Weller, 2020). En el caso de Colombia solamente entre febrero y abril del 2020 se muestra una caída de la tasa de ocupación de 15.3 puntos porcentuales (Weller, 2020). En los aportes realizados se encuentra esta tendencia a la baja del empleo presencial formal por causa de la crisis, coincidiendo con la observado en las gráficas de simulación de esta variable.

Con base en la Encuesta Nacional de Caracterización Socioeconómica de Chile (CASEN) del Ministerio de Desarrollo Social de Chile en el año 2017, Katz et al., (2020) realizó una evaluación de posibilidades para la situación de empleos cuyos trabajadores solo pudiesen tener continuidad acudiendo a lugar del trabajo (empleados presenciales), y para la situación de trabajos imposible de ser realizados por teletrabajo. El análisis de probabilidad de esta evaluación arrojó resultados sobre el porcentaje de la fuerza laboral que puede desempeñar teletrabajo, la población que debe seguir trabajando de forma presencial y los que no pueden desempeñarse remotamente. En resumen, el 56% de los empleados no tendría permitido concurrir a su trabajo o no podría hacerlo por la vía del teletrabajo (Katz et al., 2020). En comparación con el modelo y las simulaciones realizadas, esto constituye el incremento de la población inactiva o desempleada observado durante el periodo de tiempo simulado.

López Moreno et al. (2021) realizaron un estudio por regiones en Colombia sobre los impactos del COVID-19 en las cifras de empleo. Entre las principales conclusiones de este trabajo, los autores infieren una afectación general de todos los sectores económicos y perfiles en términos de descenso ocupacional, si bien, algunos sectores de la economía han presentado impactos positivos por la crisis. En general, la investigación refleja una tendencia al alza en el desempleo, que, para efectos de comparación con los resultados de la simulación obtenidos en términos de población empleada e inactiva, respaldan el incremento observado en las gráficas de simulación.

Katz (2021) resalta que una gran proporción del total de fuerza del trabajo en empresas en condiciones de cierre por la crisis pierden su empleo, quedando a juicio de las empresas - según lo establezcan las leyes laborales, continuar realizando el pago de sus salarios. El impacto de una política de subsidios como la usada en el modelo de simulación (PAEF) muestra que los auxilios económicos a las empresas para conservación de empleos durante un escenario de crisis permiten mitigar los efectos negativos de la pandemia en los índices de empleabilidad. El impacto de estas políticas de subsidio se observó en la simulación por medio de la reducción del flujo de personas que pasaron a un estado de

inactividad o desempleo por su incapacidad para seguir trabajando, bien sea de forma remota o presencial. El apoyo del gobierno a las pequeñas y medianas empresas puede entonces ser un factor determinante del nivel de respuesta y contención de los efectos en la capacidad económica de la población durante una crisis como la de la pandemia.

4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se han presentado los resultados de las simulaciones del diseño de modelo construido. Se realizó una primera simulación con la representación en variables dentro de la estructura del modelo, de las políticas de restricción a la presencialidad, junto con los valores iniciales definidos previamente, y luego una segunda simulación con los mismos valores, modificando la estructura del modelo mediante la inclusión de la política del PAEF en este. Se han recopilado las gráficas para cada una de las simulaciones de aquellas variables que habían sido representadas en los modos de referencia. Se revisó la forma y la tendencia en los valores de cada una de estas gráficas resultado de las simulaciones, en comparación con lo establecido en los modos de referencia. Se encuentra similitud en la tendencia a lo largo del tiempo de los valores expuestos en la simulación, en contraste con la forma y valores de la Gráfica y la tendencia mostrada en los modos de referencia, encontrando consistencia con la hipótesis inicial planteada en la investigación. El modelo fue evaluado considerando el aporte de Sterman (como se menciona en Lemke y Łatuszyńska, 2013), que sugiere la validación del modelo en el contexto de su estructura, comportamiento y las implicaciones de políticas. Se realizó la validación de consistencia dimensional para prueba de estructura del modelo por medio de la herramienta Vensim, así como la validación de reproducción de comportamiento para prueba de comportamiento del modelo, mediane la comparación de los resultados de simulación con los modos de referencias descritos en este trabajo.

Los resultados de la simulación 1 mostraron el impacto de la política de flexibilización para el retorno a la presencialidad, establecida desde la semana 25 en el horizonte de tiempo del modelo. Esta política, implementada a raíz de la disminución en el número de contagiados diarios reportado por el Instituto Nacional de Salud, así como por la necesidad de contrarrestar los efectos económicos de la crisis en la población inactiva y desempleada durante la pandemia, ayudó a que esta última pudiese retornar de manera gradual a las labores presenciales que dejaron de realizar por las políticas iniciales de distanciamiento físico promovidas por el gobierno. Se evidenció en la simulación un leve mejoramiento del índice de capacidad económica en la población durante la pandemia como consecuencia de esta política de flexibilización.

En la simulación 2, la estructura del modelo se mantuvo, en conjunto con los valores iniciales definidos para la simulación 1. La política del PAEF fue pensada para apoyar la conservación del empleo formal durante la crisis, razón por la que es una política que apuntó a la reducción del flujo de personas empleadas presencialmente o por teletrabajo que pasan a población inactiva o desempleada. Los modos de referencia de esta simulación mostraron que, en comparación con los modos para la primera simulación, debían presentarse resultados positivos que contribuyeran a una menor reducción del índice de población con capacidad económica, el cual

representa en factores económicos la capacidad en acceso, uso y apropiación de TIC en la población. Los resultados de las simulaciones reflejados a través de las gráficas coinciden en forma y tendencia de valores con los modos de referencia expuestos.

Sí bien se revisaron trabajos en el área relacionados con la crisis de COVID-19 dónde se ha evidenciado el uso de la dinámica de sistemas como herramienta para comprensión y entendimiento del problema, no se encontró en la literatura trabajos o investigaciones que aborden la problemática de inequidades digitales durante el tiempo de pandemia. Strelkovskii & Rovenskaya (2021) realizaron una revisión de estudios que lograron desarrollar diagramas causales para evaluar el impacto de la pandemia del COVID-19 en un sistema socioeconómico amplio. En este trabajo encontraron que los principales impulsores en los estudios revisados son la magnitud de propagación de la infección y las intervenciones gubernamentales para frenar la pandemia, mientras que las variables más afectadas son la percepción pública de la pandemia y el riesgo de infección. En la presente investigación se consideró la intervención gubernamental a través de políticas de distanciamiento físico, flexibilización de la presencialidad y apoyos económicos para conservación de empleos durante la crisis, y se tuvo en cuenta el riesgo de contagio como una de las variables principales del modelo. Se llegó a construir un diseño de modelo dinámico sistémico que además de presentar una hipótesis dinámica a través de un diagrama causal, desarrollo un diagrama de flujos y niveles que permitió la simulación del modelo y la prueba de políticas que afectaran a este.

Los trabajos estudiados por Strelkovskii & Rovenskaya (2021), hacen uso del pensamiento sistémico y los diagramas causales, por ejemplo, para analizar la complejidad de los efectos del covid-19 en los sistemas socioeconómicos (Sahin et al., 2020), estudiar el sistema y las interacciones entre el contagio por COVID-19 y los componentes de economía y atención médica (Tonnang et al., 2020), o mostrar la interacción de algunos de los componentes que interactúan en una sociedad respondiendo a la amenaza de una crisis de salud como la de esta pandemia (Bradley et al., 2020). Sin embargo, estos trabajos no abordan la problemática de inequidad digitales durante la pandemia, y realizan un aporte al área de investigación llegando hasta la construcción de diagramas causales, dejando para trabajos futuros la construcción y simulación de diagramas de flujo y nivel, desarrollo que sí se propuso por medio de la presente investigación.

Esta investigación aporta una primera aproximación a un modelo dinámico sistémico que permita entender el problema de inequidades digitales en tiempos de crisis como una pandemia, y que, en concordancia con los resultados de simulación, respalda la hipótesis inicial planteada de que las inequidades digitales se vieron exacerbadas por las medidas de distanciamiento físico y teletrabajo durante la pandemia del COVID-19. Además, el modelo construido permitió analizar la implementación de una política de subsidio económico que permitiera aumentar la conservación de los empleos durante la crisis. Al no encontrarse estudios similares

en el área desarrollados en el contexto y temporalidad de la pandemia, esta tesis supone un aporte a una brecha existente e identificada en el área de investigación haciendo uso de la dinámica de sistemas, tal como se describió en los antecedentes y planteamiento del problema. Al ser esta problemática relativamente reciente, existe aún mucho campo de trabajo para entender la complejidad del problema, lo cual, de seguir trabajándose, permitirá desarrollar políticas para intervenir de manera eficiente el problema ante posteriores escenarios de crisis con las características de la pandemia del COVID-19, y este trabajo puede seguirse iterando en trabajos futuros para tal fin.

5 CONCLUSIONES

Este trabajo de tesis presentó un diseño de modelo dinámico sistémico construido con base en una hipótesis dinámica, la cual fue representada por medio de un diagrama causal y planteó que las inequidades digitales se vieron exacerbadas por causa de las medidas de distanciamiento físico y teletrabajo implementadas durante la crisis de pandemia del covid-19 en Colombia. El modelo diseñado fue simulado bajo un contexto de línea de tiempo y variables iniciales, que permitiese una comprensión de la dinámica de la población con capacidades económicas para acceso, uso y apropiación de TIC durante el periodo de pandemia. Lo anterior, bajo la influencia de políticas de restricción de presencialidad y distanciamiento físico para la reducción del riesgo de contagio en la población empleada. Se realizó también una simulación con el contexto del primer escenario, adicionando la influencia de una política de subsidio para la conservación del empleo durante la crisis (PAEF). Se realizó luego una comparación de resultados con valores y tendencias de otras investigaciones sobre la problemática y las principales variables dentro del modelo construido.

Los resultados de las simulaciones mostraron cómo la estrategia de reducción de la presencialidad y transición al teletrabajo no fue tan efectiva como se hubiese esperado, principalmente por la dificultad que presentaban muchos empleos presenciales de no poder ser desarrollados por medio de modalidad teletrabajo. Se ilustró además cómo la población que no pudo realizar teletrabajo y que estuvo restringida a seguir en la presencialidad por las medidas de restricción y distanciamiento físico, pasaron a ser parte de la población inactiva o desempleada durante el primer pico de pandemia en el país. Las simulaciones permitieron observar cómo la estrategia de distanciamiento físico permitirá una reducción del riesgo de contagio, el cual fue uno de los objetivos iniciales de la estrategia, aunque esto generó un efecto negativo en la capacidad económica de la población que no pudo seguir siendo parte de la población empleada. Se mostró cómo la dinámica e interacción del modelo incrementaba el índice de población sin capacidad económica, que, por consiguiente, resultaría siendo parte de la población sin capacidad para acceso, y apropiación de TIC, contribuyendo al incremento de la inequidad digital durante la pandemia del COVID-19 en el país.

La simulación del modelo permitió observar los resultados de una política de flexibilización para retorno a la presencialidad, implementada mediante un retraso en la línea del tiempo en que el riesgo de contagio fue considerado bajo. Se ilustró cómo al implementarse esta flexibilización hubo un retorno gradual importante de población activa o desempleada a la presencialidad y al teletrabajo, aunque esta segunda en una proporción considerablemente menor. Se observó como esta política de flexibilización para retorno a la presencialidad benefició al incremento de la población empleada, y, en consecuencia, de la población con capacidad económica. Sin embargo, también se observa un incremento gradual del riesgo de

contagio al implementar esta política, principalmente por la población que retorna a la presencialidad. Se ilustró a través de una segunda simulación, cómo una política de subsidios para la conservación del empleo durante el período de crisis puede ayudar a la reducción del flujo de población empleada, sea por teletrabajo o presencial, hacia un estado de inactividad o desempleo; por consiguiente, contribuyendo a una mayor población con capacidad económica que, a su vez, tendrá capacidades de acceso uso y apropiación de TIC durante la pandemia.

Los resultados de estas simulaciones ilustran sobre cómo en un escenario de crisis de salud pública como el de la pandemia del COVID-19, y dada su naturaleza de propagación por interacción física, las políticas de restricción de la presencialidad y transición de presencialidad a teletrabajo puede reducir el riesgo de contagio. Se debe considerar para este tipo de políticas la factibilidad de desarrollo de empleos por medio de teletrabajo, y facilitar los espacios, recursos tecnológicos y económicos para que estas labores puedan ser desarrolladas desde un aislamiento en casa. En escenarios de crisis como el estudiado por medio del modelo construido, políticas de apoyo económico a empresas para que factibilicen la transición hacia el teletrabajo, serían un complemento en la reducción del riesgo de contagio, al tiempo que se reduce en un porcentaje el índice de población sin capacidad económica. Este modelo y posibles iteraciones del mismo pueden servir en roles de decisión estratégica relacionados con el sector gobierno, sector pymes o sector empresarial para la evaluación de políticas que permitan la mitigación de los efectos negativos de una crisis como la de la pandemia sobre la capacidad económica en la población, la cual, acorde a la dimensión de brecha social propuesta por Norris (2001), condiciona la capacidad de acceso, uso y apropiación de TIC en la población que no cuente con capacidad económica en este escenario de crisis.

Esta investigación presenta ciertas limitaciones, condicionadas en gran medida a la poca información disponible sobre la pandemia del COVID-19 en Colombia. Aunque existe información y datos sobre la problemática, se requiere un trabajo de revisión y transformación de esta información y datos para que pueda ser más procesable y aprovechada en investigaciones de este tipo. Además, la investigación fue limitada al estudio de la inequidad digital en función de la capacidad económica en la población para acceso, uso y apropiación de TIC, que, igualmente, genera una primera aproximación para el estudio del problema desde otras perspectivas usando Dinámica de Sistemas. Finalmente, este trabajo muestra cómo una problemática de alta complejidad como la pandemia del COVID-19 puede ser modelada a través de la Dinámica de Sistemas, y puede ser simulada para el estudio de estrategias y políticas que permitan intervenir de forma eficiente y efectiva el problema.

6 TRABAJO FUTURO

El desarrollo de esta investigación ofrece diversas oportunidades de trabajo a futuro. El diseño de modelo construido permitió obtener una primera aproximación sistémica del problema de inequidades digitales desde una perspectiva de capacidad económica en la población. Se podría seguir iterando en el desarrollo de este modelo o la construcción de otros, considerando contextos y variables sociodemográficas distintas que permitan entender la dinámica de la inequidad digital en escenarios de crisis. Por ejemplo, considerando habilidades en tecnología de la población, lugar de residencia, nivel de educación, edad, genero, o una intersección de estas, dada la caracterización de variables y trabajos previos sobre inequidad digital que han sido trabajados por diversos autores (Deursen, 2020; Nguyen et al., 2021; Beaunoyer et al., 2020; Robinson et al., 2020) y que podrían ser analizados en escenarios de crisis como el de la pandemia.

Debido a lo reciente de la crisis de la pandemia del COVID-19, los datos y la información consolidada disponible sobre la problemática de inequidades digitales en escenarios de crisis y el estudio desde una perspectiva sistémica son relativamente pocos. Contar con datos e información procesada y validada, con estadísticas, funciones, interacciones entre variables, entre otros elementos enmarcados en el contexto de pandemia, generaría un aporte importante al área de investigación. Esto permitiría que otros investigadores puedan usar los resultados de estos trabajos de recopilación y consolidación de información para construir modelos con mayor precisión en valores para variables, reglas de decisión y flujos, generando una aproximación más realista de los resultados del modelo con relación a la realidad de la problemática de inequidades digitales durante una crisis como la de la pandemia.

Para el modelo construido se consideró una política de transición del empleo presencial hacia la modalidad de teletrabajo, así como la política de subsidios para la conservación del empleo durante la crisis. Considerando los resultados de la simulación, y observando cómo a mayor población realizando teletrabajo se reduce el riesgo de contagio, al tiempo que se mantienen o incrementa el índice de la población con capacidad económica, se podrían estudiar políticas que, con base en el modelo desarrollado, tengan una influencia positiva en el incremento en el flujo de empleos presenciales que pueden pasar a tener trabajo, de población inactiva o desempleada pasando a teletrabajar, o incluso la generación de nuevos empleos por teletrabajo en una integración entre el alcance y los límites del modelo.

El diseño de modelo construido fue elaborado con los datos e información disponibles sobre la capacidad económica, la dinámica de la población con empleos presenciales, por teletrabajo y población inactiva/desempleada, en conjunto con las políticas de distanciamiento físico, restricción y flexibilización de la presencialidad, y subsidios para conservación de empleos que se implementaron en Colombia. Este

diseño de modelo podría ser replicable en otras realidades y contextos socioculturales, permitiendo su amoldamiento y ajuste para entender la problemática de inequidad digitales en medio de la pandemia acorde a la realidad de otras regiones y países.

Considerando que debe haber – y seguramente habrá más investigaciones en curso sobre el problema de inequidades digitales durante la pandemia, una revisión literaria a futuro sobre los trabajos en el área de investigación permitiría mejorar la comprensión sobre la problemática y entender cómo se está moviendo el área con relación al problema.

BIBLIOGRAFÍA

Alva de la Selva, Alma Rosa. (2015). Los nuevos rostros de la desigualdad en el siglo XXI: la brecha digital. *Revista mexicana de ciencias políticas y sociales*, *60*(223), 265-285. Recuperado en 22 de julio de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-19182015000100010&lng=es&tlng=es.

Arquette, T. (2001). *Assessing the Digital Divide: empirical analysis of a meta-analytic framework for assessing the current state of Information and Communication System development*. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=275F15C65DB5E2CA5896CCD6D38530C7?doi=10.1.1.203.3679&rep=rep1&type=pdf

Arregocés Gómez, P. D., Alba Alarcón, M. C., Espíndola Coronado, M. A., Riaño Jiménez, D. P., Ramírez, L. F., 1032482000, E. en G. de M., 52977619, E. en G. de M., 1007364829, E. en G. de M., 79813518, E. en A. F., & 1022390814, E. en A. F. (2021). *El desarrollo de las TICS como factor clave para la implementación del teletrabajo en el sector público de Bogotá*. https://repository.ean.edu.co/handle/10882/11384

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

Banca de Desarrollo Territorial, Findeter (2021). Estudio del Sector TICs Colombiano. Biblioteca Digital Findeter. https://repositorio.findeter.gov.co/handle/123456789/9701

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

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

Becerra-Fernandez, M., Cosenz, F., & Dyner, I. (2020). Modeling the natural gas supply chain for sustainable growth policy. *Energy*, *205*, 118018. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118018

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

Bradley, D. T., Mansouri, M. A., Kee, F., & Garcia, L. M. T. (2020). A systems approach to preventing and responding to COVID-19. *EClinicalMedicine*, *21*. https://doi.org/10.1016/J.ECLINM.2020.100325

Calderón Díaz, J. A., & Escobar Mateus, O. J. (2021). *Covid-19 en Colombia: su impacto en lo social, lo político y lo económico*. Universidad Católica de Colombia. https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/25690

Ciotti, M., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W.-C., Wang, C.-B., & Bernardini, S. (2020). The COVID-19 pandemic. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, *57*(6), 365–388. https://doi.org/10.1080/10408363.2020.1783198

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

Doebelin, E. O. (1998). What is System Dynamics? *System Dynamics: Modeling, Analysis, Simulation, Design* (p. 1). Marcel Dekker.

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

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

García Zaballos, A., Iglesias Rodriguez, 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

Gasser, U., Ienca, M., Scheibner, J., Sleigh, J., & Vayena, E. (2020). *Digital tools against COVID-19: Framing the ethical challenges and how to address them*. https://www.researchgate.net/publication/340859770_Digital_tools_against_COVID-19_Framing_the_ethical_challenges_and_how_to_address_them

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

He, W., Zhang, Z. (Justin), & Li, W. (2021). Information technology solutions, challenges, and suggestions for tackling the COVID-19 pandemic. *International Journal of Information Management*, *57*, 102287. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102287

Hirsch, G. B., Levine, R., & Miller, R. L. (2007). Using system dynamics modeling to understand the impact of social change initiatives. *American Journal of Community Psychology*, *39*(3), 239–253. https://doi.org/10.1007/s10464-007-9114-3

Instituto Nacional de Salud. (2022). COVID-19 en Colombia. INS. Recuperado el 9 de febrero de 2022, de http://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/coronavirus-casos.aspx

Jones, P. (2014). *Systemic Design Principles for Complex Social Systems*. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54478-4_4

Katz, R. (2021). Impacto económico del COVID-19 sobre la infraestructura digital. *Estado Abierto. Revista Sobre El Estado, La Administración y Las Políticas Públicas*, *4*(3 SE-Artículos). https://publicaciones.inap.gob.ar/index.php/EA/article/view/157

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

Lee, D., Heo, K., & Seo, Y. (2020). COVID-19 in South Korea: Lessons for developing countries. In *World Development* (Vol. 135, p. 105057). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105057

Lemke, J., & Łatuszyńska, M. (2013). Validation of System Dynamics Models – a Case Study. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, *9*(2), 45–59. https://doi.org/10.7341/2013923

López Moreno, J. P., Morad, J., & Jiménez Uribe, I. (2021). La experiencia laboral de Colombia con el COVID-19: Análisis de las medidas tomadas frente a la crisis, la digitalización y las cifras de empleo en el país. *Revista de Ciencias Jurídicas*, *154*, 77–126. https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/juridicas/article/view/45899

Llanes, M. C. (2021). *Los efectos de la pandemia sobre el mercado laboral fueron fuertes, a pesar de la recuperación que se dio desde finales del segundo trimestre*. BBVA Research. https://www.bbvaresearch.com/publicaciones/colombia-efectos-del-covid-19-sobre-el-mercado-laboral-de-2020/

Macevičiūtė, E., & Wilson, T. D. (2018). Digital means for reducing digital inequality: literature review. *Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*, *21*, 269–287. https://doi.org/10.28945/4117

Martínez, Y., Pedro, G., Margolis, E. L., Luis, P., Tasayco, S., Garduño Martínez, A., Fernando, J., & Mejía, G. (2021). Pyme de Latinoamérica y la Transformación Digital (Ed.), *Estrategias organizacionales ante entornos emergentes* (pp- 47-61). Río Subterráneo.

Mazzucato, M., & Kattel, R. (2020). COVID-19 and public-sector capacity. *Oxford Review of Economic Policy*, *36*(Supplement_1), S256–S269. https://doi.org/10.1093/oxrep/graa031

Medina Mayagoitia, N., Navarro Casillas, A. M., & Flores Márquez, D. (2017). De la brecha a la inclusión digital y social: conceptos y discusiones. *Inclusión digital para la inclusión social. Contextos teóricos, modelos de intervención y experiencias de inclusión* (pp. 43–63). Colofón. https://www.researchgate.net/publication/333092058

Meneses Rocha, M. E. (2015). Redes sociales virtuales: potencial democratizador y herramientas de vigilancia. En R. Winocur Iparraguirrre & J. A. Sánchez Martínez (Eds.), *Redes sociodigitales en México* (pp. 40–61). México: Fondo de Cultura Económica y Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Biblioteca Méxicana).

Ministerio de Salud y Protección Social (2022). Número de casos y tasas de contagio según departamentos y distritos de Colombia. Recuperado de:https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/OT/publicacion-deptos-resolucion-1517.pdf

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

Norris, P. (2001). Digital Divide: Civic Engagement, Information Poverty, and the Internet Worldwide. In *Communication, Society and Politics*. Cambridge University Press. https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9781139164887

NU. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2020). *Informe Especial COVID-19 (No. 4): Sectores y empresas frente al COVID-19: emergencia y reactivación.* http://hdl.handle.net/11362/45734

NÚÑEZ JIMÉNEZ, M. A. (2021). *El teletrabajo como componente del modelo organizacional pos-pandemia covid-19: un análisis descriptivo para Colombia.* https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/4103

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

Ozili, P. K., & Arun, T. (2020). Spillover of COVID-19: Impact on the Global Economy. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/SSRN.3562570

Paredes Rodríguez, A. M., & Salazar Ramos, A. F. (2017). Systemic Evaluation of a Policy of Volume Flexibility in a Papaya Distribution Supply Chain. *Revista EIA/ English Version*, *14*(27). Retrieved from https://revistas.eia.edu.co/index.php/Reveiaenglish/article/view/1204

Parra Valencia, J. (2011). *Constructo para la evaluación de la cooperación en dilemas sociales de gran escala*. https://www.researchgate.net/publication/236263182_Constructo_para_la_evaluacion_de_la_cooperacion_en_dilemas_sociales_de_gran_escala

Parra-Valencia, J. A., Lizcano, A. R., & Pineda, E. (2018). *African Journal of Political Science and International Relations. Strategic dynamic thinking to manage public order: A systemic approach*. *12*(4), 54–62. https://doi.org/10.5897/AJPSIR2017.1033

Pedraza Franco, C. A., Avendaño Carrero, A. C. (2021). *Tecnología en el teletrabajo y trabajo en casa en tiempos de Covid-19.* Recuperado de: http://hdl.handle.net/11634/33546

Pérez Bolaños, D. M. (2020). Análisis de la política de gobierno digital 2018 y sus avances y retrocesos de cara a la emergencia del covid-19 en Colombia. *REIB: Revista Electrónica Iberoamericana, ISSN-e 1988-0618, Vol. 14, Nº. 1, 2020, Págs. 118-150*, *14*(1), 118–150. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7556556&info=resumen&idioma=ENG

Pongutá, W. F. (2020). *El teletrabajo en Colombia, desarrollo y auge en época de pandemia COVID-19*. Recuperado de: http://hdl.handle.net/10654/37706

Prado Higuera, C. del., Duque Silva, G. A., & Pérez Bolaños, D. M. (2021). ¿Cómo entender la brecha digital rural y urbana en un contexto convulsionado? Una introducción al caso colombiano. *La digitalización de la Colombia rural: ¿una oportunidad perdida del Acuerdo de Paz?* (pp. 39-54). Editorial Dykinson.

Pragholapati, A. (2020). *COVID-19 IMPACT ON STUDENTS*. https://doi.org/10.35542/OSF.IO/895ED

Robinson, L., Schulz, J., Dodel, M., Correa, T., Villanueva-Mansilla, E., Leal, S., Magallanes-Blanco, C., Rodriguez-Medina, L., Dunn, H., Levine, L.,

McMahon, R., & Khilnani, A. (2020). Digital Inclusion Across the Americas and Caribbean. *Social Inclusion, 8*(2), 244-259. https://doi.org/10.17645/si.v8i2.2632

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

Ramage, M., & Shipp, K. (2020). *Jay Forrester BT - Systems Thinkers* (M. Ramage & K. Shipp (eds.); pp. 97–106). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7475-2_10

Robles, J. M., & Molina, O. (2007). La brecha digital: ¿una consecuencia más de las desigualdades sociales? Un análisis de caso para Andalucía. *Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, *0*(13), 81–100. https://doi.org/10.5944/EMPIRIA.13.2007.1160

Rodríguez, J. C., & Aguirre, M. G. (2013). System Dynamics Modeling and the Study of Technological Change. *CIMEXUS*, *7*(2), 13–28. https://cimexus.umich.mx/index.php/cim1/article/view/81

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

Savić, D. (2020). COVID-19 and Work from Home: Digital Transformation of the Workforce. *Grey Journal*, *16*, 101–104.

Sethi, B. A., Sethi, A., Ali, S., & Aamir, H. S. (2020). Impact of Coronavirus disease (COVID-19) pandemic on health professionals. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, *36*(COVID19-S4), S6. https://doi.org/10.12669/PJMS.36.COVID19-S4.2779

Siche, R. (2020). What is the impact of COVID-19 disease on agriculture? *Scientia Agropecuaria*, *11*(1), 3–6. https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.01.00

Sterman, J. (2002). System dynamics modeling: Tools for learning in a complex world. *Engineering Management Review, IEEE*, *43*, 42. https://doi.org/10.1109/EMR.2002.1022404

Sterman, J. (2000). Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world with CD-ROM. Irwin/McGraw-Hill.

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

Thompson, B. P., & Bank, L. C. (2010). Use of system dynamics as a decision-making tool in building design and operation. *Building and Environment*, *45*(4), 1006–1015. https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2009.10.008

Ting, D. S. W., Carin, L., Dzau, V., & Wong, T. Y. (2020). Digital technology and COVID-19. *Nature Medicine*, *26*(4), 459–461. https://doi.org/10.1038/s41591-020-0824-5

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

Trimble, J. (2013). *Boundary Concepts in System Dynamics*. https://www.semanticscholar.org/paper/Boundary-Concepts-in-System-Dynamics-Trimble/633683c98c70fc5a5810fc80c9eddc6e499face1

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

Van Dijk, J. A. G. M. (2012). The evolution of the digital divide: The digital divide turns to inequality of skills and usage. *Digital Enlightenment Yearbook 2012*, 57–75. https://doi.org/10.3233/978-1-61499-057-4-57

Vera Quintana, C. (2020). Estado del arte del teletrabajo en época de pandemia. In E. Ford & W. Weck (Eds.), *Internet y pandemia en las Américas: primera crisis sanitaria en la era digital.* (pp. 117–138). Konrad-Adenauer-Stiftung.

Weller, J. (2020). *La pandemia del COVID-19 y su efecto en las tendencias de los mercados laborales*. http://hdl.handle.net/11362/45759

Whitelaw, S., Mamas, M. A., Topol, E., & Van Spall, H. G. C. (2020). Applications of digital technology in COVID-19 pandemic planning and response. *The Lancet Digital Health*, *2*(8), e435–e440. https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30142-4

Yasenov, V. (2020). Who Can Work from Home? *IZA Discussion Papers Series, 13197*. https://www.iza.org/publications/dp/13197/who-can-work-from-home

Yates, S. (2020). COVID-19 and Digital Exclusion: Insights and Implications for the Liverpool City Region. *University of Liverpool: Heseltine Institute for Public Policy, Practice and Place Policy, 035*. https://livrepository.liverpool.ac.uk/3110809/1/Heseltine%20Institute%20Policy%20Briefing%20031.pdf

Zheng, Y., & Walsham, G. (2021). Inequality of what? An intersectional approach to digital inequality under Covid-19. *Information and Organization*, *31*(1), 100341. https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2021.100341