



COLEGIO
NACIONAL
DE ACTUARIOS

ACTUARIOS TRABAJANDO

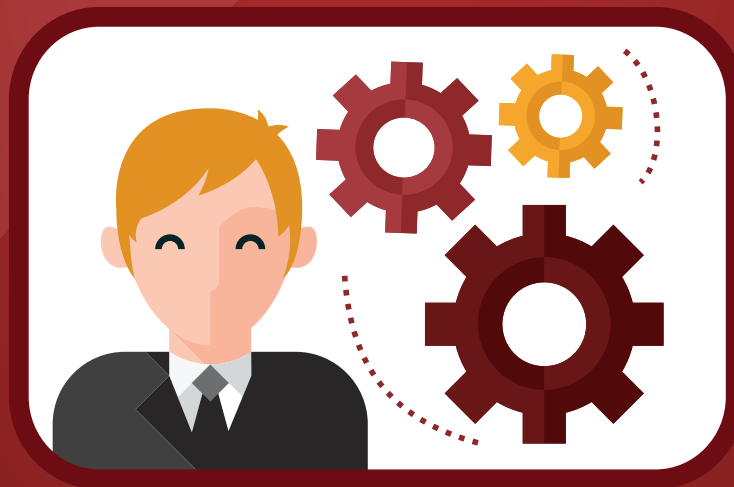
REVISTA MEXICANA DE INVESTIGACIÓN ACTUARIAL APLICADA

q_x

μ_x

d_x

${}_tV_x$



A_x

l_x

$\ddot{a}_x$

p_x

EDITOR EN JEFE

José Daniel López Barrientos

CONSEJO EDITORIAL

Alejandro Turner Hurtado

Robert Hernández Martínez

Elsa Lorena González Franyutti

Francisco Javier de la Peña Olea

Mauricio Gabriel Arredondo Fernández Cano

María del Carmen Fernández Reyes

EDITORES ASOCIADOS

Rodica Simón Sauri

Enrique Lemus Rodríguez

Alberto Moreno Ruíz-Esparza

Lourdes Díez-Gutiérrez Igartúa

Ricardo Salinas Bustamante

CORRECCIÓN DE ESTILO

Ana Pamela Flores Herrera

DISEÑO GRÁFICO

Priscilla Camargo Bacha

Prof. Miguel Serrano 21 PH.
Col. Del Valle Centro, 03100. CDMX
info@conacmexico.org.mx.

ISSN / DOI EN TRÁMITE

ENERO 2022 - NÚMERO 11

Tabla de Contenidos

Carta editorial del presidente	4
---	----------

ACTUARIOS OPINANDO

Clasificación de eventos de propagación de la enfermedad COVID-19 distinguiendo la transmisión y el contagio	7
---	----------

Gonzalo González Rojas y Enrique Lemus Rodríguez

¿Es viable el Seguro de Gastos Médicos?	16
--	-----------

Crisóforo Suárez Tinoco

JORNADAS DE ACTUARIZACIÓN	21
--	-----------

ACTUARIOS TRABAJANDO

Impacto del gobierno en la salud de una población	25
--	-----------

Nahiely Rodríguez Galván Duque y Sofía Requejo Fernández

Algoritmo para el cálculo de barreras de entrada y salida o tiempos óptimos de paro de una acción	61
--	-----------

Karla Cristina del Río González Aragón

INVITADOS TRABAJANDO

Atribución y contribución al rendimiento con algoritmo de suavizamiento multiperiodo de Cariño	75
---	-----------

Eder Iván Díaz Soto

Estimados colegas:

Cumplimos ya dos años de el relanzamiento de la revista Actuarios Trabajando. Agradecemos a todos quienes han participado en este proyecto, que se va consolidando como un referente del quehacer actuarial en México, a quienes colaboran en la creación de cada edición, a los articulistas y en especial al Editor en Jefe, Daniel López Barrientos, por su encomiable esfuerzo en la realización y mantenimiento de esta importante iniciativa de nuestro Colegio.

Iniciamos un nuevo año que, como todos, llega acompañado de esperanzas, buenos deseos y optimismo. Atrás dejamos un segundo año pandémico, en donde la Covid siguió siendo uno de los temas de mayor preocupación, sin embargo, el cada vez mayor número de personas vacunadas y el reforzamiento de las medidas sanitarias permiten esperar un mejor 2022, las variantes que puedan presentarse, además de la actual Ómicron, parecerían menos letales. Debemos seguir cuidándonos tomando en cuenta el interesante diálogo filosófico-matemático que se presenta en el primer artículo de esta revista, relativo a la forma en que se transmite el virus.

La pandemia ha dejado a su paso irreparables pérdidas humanas e innumerables casos de enfermos que han requerido una costosa atención médica, las instituciones públicas de salud se han desbordado y las privadas han puesto a prueba su capacidad de atención, los costos derivados de los gastos médicos asociados han roto cualquier previsión. Es en estos casos cuando se valora el papel de los seguros de gastos médicos y la importancia de contar con ellos. En el segundo artículo de este ejemplar podremos leer la visión de un experto en el tema y las reflexiones que hace sobre la necesidad de optimizar procesos y productos para poder atender a un creciente mercado potencial sin descuidar la rentabilidad que debe existir en este mercado.

Asociado con el tema de la salud, se presenta, en el tercer artículo, un profundo análisis de la implementación de medidas que debe observar un gobierno, y en particular nuestro país, para alcanzar un mejor nivel de salud, con una propuesta específica sobre la esperanza de vida y la mortalidad infantil.

Otra de las consecuencias de esta pandemia ha sido una crisis económica a nivel global, en la cual México no ha sido la excepción. Ante la pérdida de empleos que se ha presentado en estos dos años, mucha gente se ha visto obligada a realizar retiros parciales por desempleo de las cuentas individuales de sus Afores. Nuestro Colegio ha difundido la recomendación de devolver los recursos tomados en cuanto esto sea posible para evitar pérdidas significativas en las pensiones futuras. El entendimiento del tema del ahorro para el retiro es indispensable para nuestra sociedad y las ideas que abonen en el mejoramiento del son invaluable. En el quinto artículo de esta revista encontraremos justamente una aportación muy interesante en donde el autor propone una nueva forma de medir el rendimiento de un portafolio de inversión, aplicado al caso de las Afores, y si de estrategias de inversión se trata, no deben perderse el trabajo que se presenta en el cuarto apartado de esta revista, en el cual se propone un algoritmo para maximizar el valor esperado del precio de una acción en función de los tiempos o precios óptimos de paro para su compraventa.

Desde el Colegio Nacional de Actuarios seguiremos promoviendo la investigación y difusión en temas propios del quehacer actuarial con un enfoque de aplicación práctica y de impacto social positivo.

Les deseamos un exitoso 2022.

Alejandro Turner Hurtado
Presidente del CONAC

Actuarios Trabajando
es una revista hecha por
Actuarios, con Actuarios y
para Actuarios, y necesita de
tu ***aporte profesional con tu
toque personal.***

No dejes pasar la oportunidad de
que tu voz profesional sea oída, y
tus trabajos sean conocidos por los
demás miembros de nuestro
gremio.

Además, los Actuarios certificados
del CONAC obtienen horas de
educación continua por sus
contribuciones aceptadas para la
revista.

¡Queremos oírte!
¡Tu aporte es necesario!
¡Queremos saber de ti!

Envía tus contribuciones a alguno de los
miembros del Consejo Editorial, o escribe
por correo-e a: info@conacmexico.org.mx



ACTUARIOS OPINANDO

**Clasificación de eventos de
propagación de la enfermedad
COVID-19 distinguiendo la
transmisión y el contagio**



Clasificación de eventos de propagación de la enfermedad COVID-19 distinguiendo la transmisión y el contagio

Gonzalo González Rojas^{*,1} and Enrique Lemus Rodríguez[†],

^{*,†}Facultad de Ciencias Actuariales. Universidad Anáhuac México

RESUMEN Este trabajo presenta una disertación sobre la forma en la que se puede propagar una enfermedad respiratoria aguda producida por un virus, como lo es la COVID-19, considerando que la transmisión del virus entre las personas no es binaria y que existen diferentes características por medio de las cuales se pueden clasificar los eventos de contacto entre personas susceptibles e individuos infectados.

Palabras clave

Contacto efectivo

Dosis infecciosa

Probabilidad de
contagio

CAMINO A LA UNIVERSIDAD

El auto se detiene frente a ellos, y ambos universitarios lo abordan.

Simplicio: ¡Buenos días, niña Filosofía! ¡Hola, niño Matemáticas!, así que de vuelta al cole, ¿eh?

Raissa: ¡Hola, Simplicio! Así es, ¡qué sorpresa!, me da gusto volver a verte. Mi nombre es Raissa.

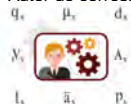
Zeth: Buenos días, Simplicio. Pues sí, *Caminito de la Escuela*, solía cantar mi papá. Yo me llamo Zeth.

Derechos reservados © 2022 por el Colegio Nacional de Actuarios

Última actualización del manuscrito: 5 de enero de 2022

Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.

[†] Autor de correspondencia. E-mail: gonzalo.gonzalezr75@anahuac.mx



Simplicio: Pues no fue del todo casualidad. Porque he notado que solicitaron el servicio en la aplicación y me apresuré a responder porque me he quedado pensando en todo lo que hablamos la vez anterior que les lleve al cole.

En la conversación pasada³, cuando hablamos de las diferencias que existen entre el modelo de Kermack & MacKendrick⁴ y el modelo de Reed & Frost⁵ para estimar la cantidad de contagiados por periodo, comentaban que *si bien para que un contacto sea efectivo es indispensable que se produzca una transmisión del virus SARS-CoV2; la transmisión no implica que las personas sanan enfermen invariablemente*.

Raissa: Así es, ¡Qué buena memoria!. Y niño Matemáticas también argumentaba que eso no es algo nuevo, que simplemente es un tema que no ha sido discutido, hasta donde nosotros sabemos.

Simplicio: Pues me gustaría conocer más al respecto, porque parece que quieres decir que no hace sentido cuidarnos porque de cualquier forma nos vamos contagiar de COVID-19. Y siguiendo esa línea de pensamiento, podríamos concluir que contagiarse no es tan peligroso, porque no necesariamente nos enfermaremos.

Zeth: En realidad mi argumentación va en el sentido contrario, creo que es muy importante entender cómo se puede adquirir la COVID-19, para establecer un comportamiento que nos permita combatir esta pandemia.

Raissa: Considero que Simplicio ha llegado a esa conclusión porque no conoce la segunda parte de tu análisis. Estamos frente al típico caso donde la gnoseología tiene que venir al rescate de la epistemología: *El conocimiento resulta insuficiente, y debemos volver al conocer*.

Zeth: De acuerdo. Previamente dijimos que Reed & Frost ya habían diferenciado *contactos* y *contactos efectivos* en su modelo epidemiológico. Ahora bien, quiero resaltar que lo que no se detuvieron a explicar, es que un *contacto que no produce un contagio puede incluir la transmisión del agente patógeno*.

Debemos comenzar reconociendo que no es posible que la transmisión se dé *exclusivamente* en los contactos

efectivos y no se dé en el resto de los contactos en forma *absolutamente* binomial.

Simplicio: Pero, ¿qué me estás contando, Zeth? Yo leí que, si S_t es número de susceptibles en el tiempo t , q es la probabilidad de no haya un contacto efectivo entre dos personas dadas, e I_t es la cantidad de infectados en t , el modelo de Reed & Frost justamente considera una distribución binomial para estimar los contagios. **Fine** (1977)

$$S_{t+1} \sim \text{Bin} \left(S_t, q^{I_t} \right).$$

¿No es verdad?

Raissa: *Touché* ! Puedo notar que Simplicio ha estado investigando el tema también.

Zeth: Sí, pero en ese caso la distribución binomial se utiliza para representar la *probabilidad de contagio* y determinar el número de nuevos infectados en cada periodo. El modelo no considera la posibilidad de una transmisión del agente patógeno que no produce la enfermedad en el individuo receptor.

Probablemente esto se debe a que para modelar una epidemia *es suficiente saber cuántas personas se enferman a lo largo del tiempo, y no quién se enferma*.

Sin embargo, desde la perspectiva personal es muy importante entender y valorar el riesgo de los eventos de contacto que tenemos con otras personas cada día.

Sobre todo cuando las transmisiones de un agente patógeno pueden ser acumulables, haciendo que el riesgo también *pueda ser aditivo*.

Raissa: ¡Alto ahí, Zeth! Podremos entender mejor tu aseveración si desarrollas tus argumentos paso a paso. En forma sistemática. ¡Como lo hacía Aristóteles, vaya!

Zeth: Está bien. Primero, la distribución binomial se utiliza para modelar la probabilidad de ocurrencia de un *contagio*, el cual es la consecuencia del *contacto efectivo*, y lo reconocemos porque la persona enferma. Cuando la persona no enferma, decimos que el contacto *no es efectivo* porque no se ha contagiado.

Por lo tanto tenemos dos tipos de contacto. Si llamamos σ a los contactos efectivos, tenemos que para n contactos con probabilidad p :

$$\sigma = n \times p$$

Por lo tanto, existen $n - \sigma$ contactos que no producen un contagio.

Ahora bien, no es posible asegurar categóricamente que un contacto implique la transmisión del agente patógeno. Sin embargo, sí podemos suponer que todos los contactos implican la transmisión de una cantidad del



³ Esta conversación no existe. Hacemos referencia a ella como un artificio para evitar dar inicio a la presente conversación desde las estimaciones de los citados modelos, y así centrar el presente artículo en la transmisión de las enfermedades respiratorias agudas.

⁴ En 1927 Kermack & McKendrick obtuvieron una ecuación para estimar el tamaño de una epidemia, que enfatiza una tendencia de acuerdo a la densidad de la población. **Bacaër** (2011).

⁵ Desarrollado a principios de los años 1920, el modelo de Lowell Reed and Wade Hampton Frost, de Johns Hopkins University fue presentado en una conferencia de Frost hasta 1928, siendo utilizado en cursos de la Universidad por dos décadas. Se publicó hasta los años 50. **Abbey** (1952).

agente patógeno, que llamaremos *dosis viral* δ . (Mire [este video](#).)

Simplicio: Dicho así, parece que aseguras que siempre hay transmisión.

Zeth: Hasta cierto punto, eso es correcto, Simplicio. Pero para explicar por qué algunos contactos son efectivos y otros no, debemos reconocer que la dosis viral δ puede variar entre 0 y x dependiendo del tipo el contacto⁶, su duración y entorno donde se produce.

Raissa: ¡Es como el IVA tasa cero! Existe una obligación, pero siendo la tasa 0, no se realiza ningún pago.

Simplicio: ¿Una transmisión de nada?

Zeth: Exacto, un enfermo *emite* la enfermedad continuamente, pero el tipo de contacto determina si la otra persona o personas *reciben* la dosis viral, y en qué medida. Para que una persona enferme, es necesario que reciba una dosis viral *suficiente* para que el agente patógeno pueda *reproducirse y desarrollar la enfermedad exitosamente*.

Si definimos ϵ como la cantidad mínima necesaria para que se produzca la enfermedad, que llamaremos *dosis infecciosa*, tenemos que:

- Un contacto efectivo transmite una dosis viral $\delta > \epsilon$.
- Un contacto no efectivo transmite una dosis viral $0 \leq \delta < \epsilon$.

En este punto podemos establecer que una persona sana puede exponerse a múltiples contactos en los que recibe una dosis viral $\delta < \epsilon$ sin que se produzca un contagio. Pero si una persona experimenta múltiples contactos en un lapso corto, es posible que la acumulación de la dosis viral pueda provocar que la persona enferme⁷.

Simplicio: Estoy confundido, ¿me puedes dar un ejemplo diferente donde esto pase? Porque no es posible que suceda sólo en este caso.

Raissa: A mí me gusta el ejemplo del desgaste físico en el gym, que también se relaciona con el cuerpo humano. Puedes hacer varios sets de 10, 12 ó 15 repeticiones con pesas para trabajar los músculos, pero es necesario que entre cada set descanses determinado tiempo. Si haces todas las repeticiones en un sólo set con el mismo peso, o simplemente no descansas los músculos lo suficiente para recuperarte, puedes terminar con una lesión muscular por acumulación de su desgaste físico.

Simplicio: Pero... ¿Eso no sería equivalente a enfermar y recuperarse varias veces el mismo día?

⁶ También llamados *rutas de transmisión*, para la COVID-19 identificamos contacto directo, contacto indirecto, gotas (de un fluido infeccioso) y aerosol.

⁷ Para mayor detalle con relación a dosis infecciosa, rutas de transmisión y resultados de la COVID-19, vea [Karimzadeh et al. \(2021\)](#)



Zeth: No lo es, porque con los descansos das tiempo a que tu cuerpo se recupere, evitando las lesiones; de hecho, estás fortaleciéndolo.

Simplicio: Entiendo. Entonces cada decisión que tomamos a lo largo del día influye en el resultado en forma conjunta. Pero, ¿cómo saber qué podemos hacer y qué no?

Zeth: Si aceptamos que la dosis viral δ puede ser aditiva para el SARS-CoV2, tendríamos que hacer las siguientes consideraciones con relación a nuestra actividades:

- Un contacto no es efectivo si transmite una dosis viral $\delta < \epsilon$ sin producir contagio.
- Un contacto es efectivo si transmite una dosis viral $\delta \geq \epsilon$ produciendo contagio.
- Un contacto no es efectivo si transmite una dosis viral $\delta < \epsilon$ durante un lapso τ sin producir contagio mientras que $\delta \times \tau < \epsilon$.
- Un contacto es efectivo si transmite una dosis viral $\delta < \epsilon$ durante un lapso τ produciendo contagio cuando $\delta \times \tau \geq \epsilon$.
- Una cantidad m_i de diferentes contactos comprendidos en una ventana de tiempo t no son efectivos si transmiten dosis viral $\delta_i < \epsilon$ sin producir contagio mientras $\Sigma(m_i \times \delta_i) < \epsilon$.
- Una cantidad m_i de diferentes contactos comprendidos en una ventana de tiempo t son efectivos si transmiten dosis viral $\delta_i < \epsilon$ produciendo contagio cuando $\Sigma(m_i \times \delta_i) \geq \epsilon$.
- Una cantidad $m_i + n_j$ de diferentes contactos comprendidos en una ventana de tiempo t no son efectivos si transmiten dosis viral $\delta_i < \epsilon$ y $\delta_j \times t_j < \epsilon$ sin producir contagio mientras $\Sigma(m_i \times \delta_i) + \Sigma(n_j \times \delta_j \times t_j) < \epsilon$.
- Una cantidad $m_i + n_j$ de diferentes contactos comprendidos en una ventana de tiempo t son efectivos si transmiten dosis viral $\delta_i < \epsilon$ y $\delta_j \times t_j < \epsilon$ produciendo contagio cuando $\Sigma(m_i \times \delta_i) + \Sigma(n_j \times \delta_j \times t_j) \geq \epsilon$.

Concluyendo, debemos reconocer que la dosis viral puede ser resultado de una transmisión única o de múltiples transmisiones en un lapso suficientemente corto para permitir su acumulación, lo cual logramos al distinguir la transmisión del contagio (Zeth simula soltar un micrófono desde su mano extendida).

Simplicio: Me dejas muy preocupado. Ahora resulta que para mí sólo es cuestión de tiempo para enfermar.

Raissa: Al contrario Simplicio, con un mejor entendimiento del tema, puedes tomar mejores decisiones. Quizás no puedas hacer todas las actividades que realizabas

anteriormente en forma diaria. Pero puedes evaluar cuáles son las más importantes cada día, y en su caso vigilar cuánto tiempo al día te expones a las transmisiones que Zeth explica.

También es importante resaltar que para que acumulación de la dosis viral pueda producir el contagio, es necesario que el agente patógeno ingrese al interior del cuerpo, no es suficiente con que se acumule en la piel, ropa o pertenencias. Esto da mucho sentido a las medidas preventivas y de control, ¿no crees?

COMENTARIO FINAL

En la actualidad no contamos con suficiente información para confirmar o refutar inequívocamente la disertación aquí presentada. Mientras que la profesora Wendy Barclay, Action Medical Research Chair Virology, and Head of Department of Infectious Disease, Imperial College London, ha dicho «In general with respiratory viruses, the outcome of infection – whether you get severely ill or only get a mild cold – can sometimes be determined by how much virus actually got into your body and started the infection off. It's all about the size of the armies on each side of the battle, a very large virus army is difficult for our immune systems army to fight off», el Dr Michael Skinner, Reader in Virology, Imperial College London, ha dicho «It is unlikely that higher doses that would be acquired by being exposed to multiple infected sources would make much difference to the course of disease or the outcome. It's hard to see how the dose would vary by more than 10 fold».⁸

Sin embargo, es importante considerar que la Doctora Barclay hace referencia a la batalla entre el sistema inmune y el agente patógeno, que se da con independencia de la dosis viral adquirida, mientras que el Dr. Skinner centra su comentario en la evolución de la enfermedad.

REFERENCIAS

- Abbey, H., 1952 An examination of the reed-frost theory of epidemics. *Human biology* **24**: 201–233.
- Bacáer, N., 2011 *A short history of mathematical population dynamics*. Springer Science & Business Media.
- Fine, P. E., 1977 A commentary on the mechanical analogue to the reed-frost epidemic model. *American journal of epidemiology* **106**: 87–100.
- Karimzadeh, S., R. Bhopal, and H. Nguyen Tien, 2021 Review of infective dose, routes of transmission and

outcome of covid-19 caused by the sars-cov-2: comparison with other respiratory viruses. *Epidemiology and Infection* **149**: e96.

⁸ <https://www.sciencemediacentre.org/expert-reaction-to-questions-about-covid-19-and-viral-load/>





Gonzalo González Rojas es Ingeniero Industrial por la Universidad del Valle de México. Cuenta con una Maestría en Banca y Mercados Financieros y una Maestría en Formación Docente, ambas por la Universidad Anáhuac México. Tiene 32 años de experiencia profesional en los sectores metal mecánico, financiero y educativo en México y otros países. Actualmente es Doctorante en Análisis Cuantitativo del Riesgo en la Universidad Anáhuac México y se desempeña como Profesor en la Universidad Anáhuac México y la Universidad Panamericana.



Enrique Lemus Rodríguez. Tiene una Maestría en Matemáticas por el CINVESTAV. Es Doctor en Matemáticas por la UAM-I, y es profesor universitario desde 1992. Cuenta con cuatro años de experiencia en la tesorería de PEMEX. Imparte clases en Licenciatura y Posgrado, siendo Profesor Fundador del Doctorado de Análisis Cuantitativo de Riesgo de la Facultad de Ciencias Actuariales de la Universidad Anáhuac México.



Seminar on Dynamic Games and Applications

THURSDAYS AT 10:00 A.M. (MEXICO CITY TIME)

JANUARY 13

Georges Zaccour, GERAD, HEC
Montréal, Canada

Coordination in Closed-Loop
Supply Chains: A Stochastic
Dynamic Games Perspective

ID: 841 3695 9888 Passcode: 120834

JANUARY 20

Mabel Tidball, Université
Montpellier 1, France

Positional effects in public
good provision. Strategic
interaction and inertia

JANUARY 27

Massimiliano Ferrara,
Mediterranea University
of Reggio Calabria, Italy

Evolutionary optimized Padé
approximation scheme for
analysis of Covid-19 model
with crowding effect

FEBRUARY 3

Carles Mañó Cabello,
Universitat de Barcelona,
Spain

What is my neighbour doing?
Heterogeneous agents under
free trade with renewable
resources

FEBRUARY 10

Herbert Dawid, Bielefeld
University, Germany

TBA

FEBRUARY 17

Fabio Lamantia,
University of Calabria, Italy

Hybrid dynamics of a
resource exploitation
game

FEBRUARY 24

Maria Kleshnina, Institute
for Advanced Studies in
Toulouse, France

Optimal sharing in
social dilemmas

MARCH 3

Dmitry Gromov,
Saint-Petersburg State
University, Russia

TBA

MARCH 10

Mahsa Mahboob Ghodsi,
GERAD, HEC Montréal, Canada

Inventory allocation strategies
for omnichannel retailing

MARCH 17

Michael Kopel,
University of Graz, Austria

TBA

MARCH 24

Javier de Frutos, Universidad
de Valladolid, Spain

On Discrete-Time
Approximations to Infinite
Horizon Differential Games

MARCH 31

Hassan Bencheikroun,
McGill University, Canada

Transition to a backstop
technology: the role of
market power

APRIL 7

Konstantin Avrachenkov,
INRIA, Sophia Antipolis -
Méditerranée, France

TBA

For more information on the seminar contact:
daniel.lopez@anahuac.mx



DATA ANALYTICS

- PREDICTIVE MODELLING
- DATA VISUALIZATION
- STORYTELLING

<https://www.actuariayfinanzas.net/>

Contacto: webmaster@actuariayfinanzas.net



55 8055 4463

DOCTORADO EN **CIENCIAS ACTUARIALES**

Próxima apertura: **Enero de 2023**



El programa consta de dos líneas de investigación: **Teoría del Riesgo** y **Estadística Aplicada**.

Dirigido a estudiantes con Maestría en matemáticas, estadística, finanzas cuantitativas, análisis cuantitativo del riesgo u otras áreas relacionadas con las Ciencias Actuariales.

<https://www.anahuac.mx/mexico/posgrados/facultad-de-ciencias-actuariales/doctorado>

**Facultad de
Ciencias Actuariales**

GRANDES LÍDERES

Y MEJORES PERSONAS

Coordinador del programa:
Dr. Carlos Cuevas Covarrubias
ccuevas@anahuac.mx

Informes:
Centro de Atención de Posgrado y Educación Continua

55 54 51 61 77
55 79 18 21 59

posgrado@anahuac.mx

anahuac.mx/mexico/posgrados

ACTUARIOS OPINANDO

**¿Es viable el Seguro
de Gastos Médicos?**



¿Es viable el Seguro de Gastos Médicos?

Crisóforo Suárez Tinoco^{*,1}

*Seguros Atlas

RESUMEN Este documento es el resultado de algunas reflexiones personales sobre la factibilidad de la implementación del seguro de gastos médicos en nuestro país.

Palabras clave

Gastos de operación

Prima devengada retenida

Proporción de capital marginal de solvencia

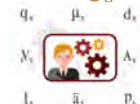
El sector asegurador se ha trazado tres grandes objetivos estratégicos cuya relevancia y pertinencia pueden perfectamente ser un punto de partida saludable para un esquema elemental de objetivos al interior de las compañías aseguradoras: objeti-

vos de crecimiento, de rentabilidad y de solvencia. Estos tres objetivos configuran, también, una perspectiva de estudio de la viabilidad de un producto de seguros, incluso de una línea de negocio como el Seguro de Gastos Médicos. Bastaría valorar sus perspectivas de crecimiento, su rentabilidad alcanzable y el consumo de capital que representa para pronunciarse sobre la viabilidad de dicho ramo.

Los crecientes costos de nuevos procedimientos y tratamientos médicos, el surgimiento de nuevos, más agresivos y más resistentes agentes patógenos producto de la contaminación de nuestro medio ambiente, del uso de químicos en la producción

Derechos reservados © 2021 por el Colegio Nacional de Actuarios
Última actualización del manuscrito: 24 de diciembre de 2021
Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.
¹ Asociación Mexicana de Actuarios A.C. Tel: (52)5575-9513, e-mail:

crisoforo3@gmail.com



de alimentos entre otros argumentos igualmente sólidos, explican el riesgo que amenaza la estabilidad económica de las familias y fácilmente puede ocasionar una catástrofe financiera nacional, si la demanda agregada de servicios médicos supera la oferta de los mismos o los hace incosteables. Por tanto, resulta innecesaria una discusión mayor sobre la existencia o magnitud de la necesidad de innovar o, al menos, mantener los mecanismos de solución existentes como el Seguro de Gastos Médicos, que constituye el vehículo que el sector ha desarrollado para contribuir al equilibrio macroeconómico y complementar una estrategia nacional de salud.

La estructura poblacional proyectada por el Consejo Nacional de Población, muestra para el 2050, un cambio radical en contraste con la estructura que tenía en 2017 (vea la Figura 1). La evolución hacia la estructura proyectada constituye un riesgo creciente de aumento de la demanda de servicios médicos en estratos de población vulnerable mientras que observamos una tendencia decreciente de población económicamente activa que genera los recursos para el financiamiento de un sistema nacional de salud que atienda la demanda de servicios médicos en aumento paulatino. En términos técnicos constituye la convergencia de dos tendencias desfavorables que pintan un panorama desolador en términos sociales y económicos; la necesidad de mecanismos para atender la demanda de servicios médicos está in crescendo mientras que las fuentes sociales y económicas de financiamiento se debilitan. Conforme a la naturaleza de cualquier seguro, el Seguro de Gastos Médicos reparte los costos de los servicios médicos a través de la prima y mitiga el impacto financiero en la economía de las familias afectadas por el padecimiento grave de alguno de sus miembros. Este mecanismo ha probado suficientemente su utilidad social y económica pero para que el ramo crezca es recomendable un ejercicio de autocritica; el sector debe reconocer la necesidad de revisar las estrategias de mercadeo y de comunicación de los beneficios del seguro que ha usado y debe explorar nuevas para lograr el convencimiento de la población consumidora potencial del seguro; igualmente debe reconocer que se requiere innovar en productos claros que superen las



Figura 1 Comparación de las pirámides poblacionales de México en 1990, 2017 y 2050.

debilidades observadas en otros y cubran las necesidades emergentes de sus clientes potenciales. La tendencia en la estructura poblacional nos muestra crudamente que en 2050 la población demandante de servicios médicos en etapa económicamente menos productiva proviene mayoritariamente de aquella económicamente activa en 2017, lo que evidentemente constituye una oportunidad para productos en Gastos Médicos con el comportamiento tradicional de los seguros de vida de largo plazo; seguros donde los contratantes no solo paguen el riesgo del año sino que aporten recursos de ahorro para su riesgo futuro que naturalmente será mayor. La oportunidad se identifica con facilidad pero constituye un reto técnico actuarial de alto impacto que es indispensable superar. Las compañías que logren superar adecuadamente ese reto estarán más cerca de cumplir y hasta superar sus metas de crecimiento y sobrevivir en el intento.

El seguro de gastos médicos como mecanismo con el que el sector asegurador privado contribuye al bienestar de la sociedad descansa en su naturaleza de negocio, cuyo incentivo inherente es un nivel razonable de rentabilidad. Los márgenes sectoriales históricos del Seguro de Gastos Médicos han sido

$$\begin{array}{ccccc} q_x & \mu_x & d_x & & \\ Y_x & \begin{array}{c} \text{Icono de personas} \\ \text{Icono de engranajes} \end{array} & A_x & & \\ l_x & \bar{l}_x & p_x & & \end{array}$$

Año	Individual	Grupo y Colectivo	Total
2013	-3.58%	-4.56%	-2.35%
2014	3.98%	-6.57%	-1.49%
2015	-0.06%	-2.91%	-1.55%
2016	-0.43%	-0.29%	-0.36%
2017	0.07%	-0.70%	-0.32%

Figura 2 RO sobre PDR de GMM.

realmente pobres, incluso el cociente del resultado de operación (RO) sobre la prima devengada retenida (PDR) resulta negativo desde el 2013 hasta el 2017 (Vea la Figura 2). El comportamiento de este indicador, inevitablemente, motiva un alto en el camino para efectuar una exhaustiva evaluación y eventual toma de decisiones sobre participar o no en un negocio que no retribuye competitivamente al accionista que arriesga su capital para financiar su operación. Aún bajo una revisión superficial de los posibles factores que reducen la rentabilidad, salta a la vista una fijación inadecuada de tarifas para financiar los costos de los servicios médicos que regularmente terminan desbordándose por la vía de la frecuencia o por la vía de la magnitud de los siniestros, lo que demanda metodologías actuariales y herramientas de análisis de información más eficientes para determinar las tarifas en concordancia con la verdadera magnitud del riesgo cubierto. Adicionalmente, es pertinente mejorar la comunicación del costo real de la cobertura y cuidar el apego a las condiciones de la cobertura al determinar el monto a pagar por el siniestro, sin duda, esto ayudará a minimizar la frustración del reclamante y el desbordamiento de la siniestralidad.

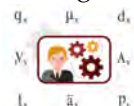
Por otro lado, la experiencia nos ha mostrado que persisten prácticas perniciosas, vicios y fallas operativas, que constituyen debilidades en todo el proceso de negocio del Seguro de Gastos Médicos que, a su vez, facilitan la comisión de errores, abusos o hasta fraudes. Me parece que este aspecto del negocio constituye el eslabón más débil de la

cadena productiva de esta línea de negocio que incide gravemente en los niveles de rentabilidad a un grado tal, que motiva cuestionamientos sobre su viabilidad. Es indispensable la implementación de mecanismos efectivos de control que mitiguen el riesgo operativo en todas sus categorías; tecnológico, legal, reputacional y de procesos que prevengan, detecten y corrijan con oportunidad fallas o fraudes en todo el proceso de negocio. Seguramente, cualquier avance en esta estrategia impactará directamente en una mejora del nivel de rentabilidad.

Frecuentemente se concibe al Seguro de Gastos Médicos como de alta frecuencia y baja severidad y, por lo tanto, se puede contar con grandes volúmenes de información estadística de siniestros cuya distribución de montos, sin estar acotados a un valor determinado como en el seguro de automóviles, presenta escasos casos catastróficos de tal manera que las pérdidas esperadas presentan bajos niveles de dispersión, mayoritariamente proveniente de las debilidades operativas de la cadena productiva. A una mayor dispersión de la siniestralidad corresponderá un mayor requerimiento de capital de solvencia. Por otra parte, la proporción de capital de solvencia marginal requerido (RCSM) sobre el mejor estimador de reservas (MER) puede darnos una idea razonable del nivel de capital que el ramo demanda. El cuadro siguiente presenta una estimación trimestral sectorial de dicha proporción desde marzo del 2016 hasta diciembre de 2017 y, nos muestra que dicho indicador está ligeramente por arriba del de automóviles pero inferior al de vida y mucho muy por debajo del de incendio. En resumidas cuentas, no considero que el requerimiento de capital de solvencia constituya un factor determinante para considerar inviable el ramo. Vea la Figura 3.

La implementación de controles efectivos contribuye a eliminar o, al menos, a reducir el riesgo operativo con lo cual es de esperar montos de siniestralidades menores y predicciones más precisas de sus desviaciones, luego entonces y como se ha explicado antes, los controles aplicados sistemáticamente a través del tiempo terminarán por contribuir a una reducción del capital de solvencia requerido.

Está claro que la situación que el Seguro de Gas-



Periodo	Vida	Autos	Incendio	GM
201603	40.00%	18.00%	321.30%	21.70%
201606	41.50%	18.00%	317.30%	21.10%
201609	40.70%	17.90%	325.00%	21.00%
201612	40.00%	18.00%	270.10%	22.40%
201703	37.10%	17.70%	215.90%	22.10%
201706	35.50%	17.70%	243.60%	21.40%
201709	36.60%	17.80%	223.50%	21.50%
201712	35.30%	17.80%	222.60%	23.20%

Figura 3 Proporción de RCSM sobre MER.

tos Médicos atraviesa, obliga a las compañías de seguros a cuestionarse si continúan participando o no en él, sin embargo, como todo negocio y particularmente en el sector asegurador conviene evaluar si hay mercado potencial, si las estrategias para llegar a él son o no eficientes, si es factible obtener márgenes de utilidad competitivos que atraigan recursos de los inversionistas y si el riesgo que se asume demanda un monto accesible de recursos de capital tal que permitan obtener la rentabilidad esperada por cada peso de capital en riesgo invertido. Pero como hemos visto, la principal área de oportunidad la constituye la rentabilidad del ramo cuyo sistema de gestión demanda urgentes mejoras en todas sus etapas. Es impostergable un análisis más profundo del desempeño del ramo y sus perspectivas que permita al sector una adecuada toma de decisiones pero que también permita identificar alternativas para que siga contribuyendo al bienestar de la sociedad y a la mitigación del riesgo de un colapso macroeconómico.



Crisóforo Suárez Tinoco presidió la Asociación Mexicana de Actuarios en el período 2018-2020 en donde, además, fue Tesorero, Vicepresidente, Secretario y expositor en diferentes congresos.

Es Licenciado en Actuaría por la FES Acatlán, estudió una Maestría en Ciencias Actariales en la Universidad Anáhuac México, y cuenta con diplomados en Productos Derivados, en Alta Dirección y en Go-

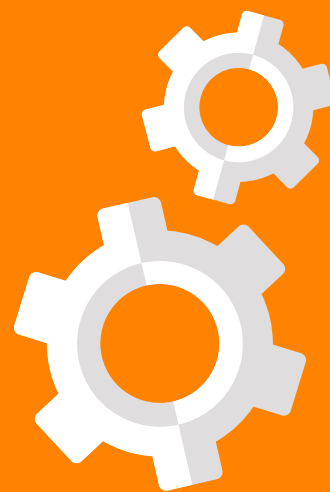
bierno Corporativo en otras instituciones de prestigio.

Es miembro del Comité de Riesgos y del Grupo de Trabajo de Gobierno Corporativo de AMIS y ha sido expositor en la Convención de Aseguradores de México organizada por AMIS.

Desde hace 24 años labora en Seguros Atlas y, desde Octubre de 2014, es Director de Administración de Riesgos y Control Interno en Seguros Atlas, Seguros el Potosí y Fianzas Atlas.

Es responsable de la documentación, implementación y operación de los sistemas de Administración Integral de Riesgos y de Control Interno para Seguros Atlas, Seguros El Potosí y Fianzas Atlas.





JORNADAS DE ACTUARIZACIÓN



El objetivo de las Jornadas de Actuarización es ofrecer al gremio Actuarial Mexicano un foro vivo de discusión sobre temas relevantes de actualidad, mientras que facilitamos para ellos la validación de Horas de Educación Continua, y por ende, la colaboración de los miembros del CONAC nos resulta esencial para lograr nuestro cometido.

Nos reunimos el tercer miércoles de cada mes en horario por confirmar. Cada hora Jornada de Actuarización da una Hora de Educación Continua para los miembros certificados del CONAC.

<https://www.anahuac.mx/mexico/EscuelasyFacultades/actuarial/jornadas-actuarizacion>

FECHA	EXPOSITOR	ADSCRIPCIÓN	TÍTULO DE LA CHARLA
Enero 2022	Mtra. Brenda Zavala López	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	Por definir
Febrero 2022	Mtra. Guadalupe Siordia Montero	Coordinadora Académica de la Licenciatura en Actuaría de la Universidad Autónoma de Yucatán	Por definir
Marzo 2022	Dr. Antonio González Frago	Profesor Emérito de la Universidad de las Américas Puebla Introducc	Introducción a la metodología Six-sigma
Abril 2022	Mtro. Mario Alain González Sánchez	Banorte	The new world of derivatives pricing: xVA's
Mayo 2022	Dr. Manuel Alejandro Jiménez Lizárraga	Profesor investigador en la UANL	La noción de incentivo en la teoría de control

- Dashboards (Tableau - Power BI - IBM - SAP - Excel)
- Financial Modelling & KPIs
- Risks Assessment
- Credit Modelling & Scoring

Contacto: webmaster@actuariayfinanzas.net

<https://www.actuariayfinanzas.net/>



55 8055 4463



FECHA DE INICIO: **ENERO 2022**

“Maestría en Estadística”

Objetivo

Formar profesionales capaces de utilizar la estadística como herramienta adecuada para interpretar problemas que se presentan en áreas del quehacer profesional, con base en el diseño de esquemas de recolección de información que garanticen conclusiones válidas.

<https://www.anahuac.mx/mexico/posgrados/facultad-de-ciencias-actuariales/maestria-en-estadistica-aplicada>

Facultad de
Ciencias Actuariales

GRANDES LÍDERES

Y MEJORES PERSONAS

Coordinador del programa:
Dr. Carlos Cuevas Covarrubias
ccuevas@anahuac.mx

Informes:
Centro de Atención de Posgrado y Educación Continua



55 54 51 61 77

55 79 18 21 59

posgrado@anahuac.mx

anahuac.mx/mexico/posgrados

ACTUARIOS TRABAJANDO

**Impacto del gobierno en la
salud de una población**



Impacto del gobierno en la salud de una población

NahIELy Rodríguez Galván Duque^{*,1} and Sofía Requejo Fernández*

*Universidad Anáhuac México

RESUMEN Este trabajo estudia la relación entre la salud de una población y el nivel de cumplimiento de ciertos estándares por parte de su gobierno. Hacemos un análisis de regresión múltiple con 18 indicadores sobre un gobierno para 123 países para conocer el impacto de las decisiones y acciones de un gobierno sobre la esperanza de vida al nacer y la tasa de mortalidad infantil de su población. Los resultados demuestran que la efectividad de un gobierno, las políticas del cuidado del medio ambiente, la seguridad y la igualdad de ingresos son variables clave para que un gobierno mejore los niveles de salud de su población. Además, el análisis aplicado a México, Nueva Zelanda y Estados Unidos indica que entre mejor puntaje tengan los indicadores de un gobierno, la población tendrá mayor esperanza de vida al nacer y menor tasa de mortalidad infantil. Se concluye que los gobiernos tienen la responsabilidad de conocer sus indicadores, así como de utilizar sus recursos de manera eficiente para poder tomar decisiones que optimicen sus sistemas de salud.

Palabras clave

Análisis no super-
visado

Análisis de con-
glomerados

Políticas eficien-
tes



Derechos reservados © 2022 por el Colegio Nacional de Actuarios

Última actualización del manuscrito: 7 de enero de 2022

Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, garantizar una vida sana promoviendo el bienestar de la sociedad ha sido el deseo de muchos; sin embargo, los intereses personales y políticos de algunos gobiernos han dejado de lado preguntas que podrían dar respuestas más efectivas en cuanto al bienestar de sus habitantes; entre las cuales se encuentran: ¿Cómo se puede mejorar la salud de una población? ¿Las decisiones y acciones de un gobierno justo pueden hacer la diferencia? Resolver estas preguntas ayudaría a solucionar uno de los problemas más actuales que enfrentan hoy en día muchos países, la ausencia de un buen liderazgo por parte del gobierno. El objetivo es buscar si existe una relación entre la salud de una población, a partir de indicadores demográficos, y un gobierno justo que cumpla los estándares correctos. Todo esto con el fin de poder dar soluciones que guíen a las naciones a tomar mejores y más justas decisiones.

Las tendencias actuales de los líderes mundiales en cuanto a su calificación general van a la baja casi de manera generalizada, según informa Kancho Stoychev, presidente de Gallup International Association (vea [Deutsche Welle \(2020\)](#)). De igual forma, Stoychev comprueba tras realizar un estudio en donde analiza a 12 líderes políticos, los cuales representan a 4 mil millones de personas (casi la mitad de la población mundial), que existe una clara crisis en el liderazgo político. Es por lo anterior que se hace necesario reflexionar para poder tomar acciones más responsables a favor de la humanidad.

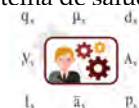
La crisis sanitaria en la que muchos países se encuentran hoy en día debido a la pandemia ha permitido hacer un alto para cuestionar y analizar lo que realmente se espera de los dirigentes. En varios países se ha demostrado una enorme insensibilidad y corrupción ante un evento que ha desestabilizado al mundo entero. Los ciudadanos han ido perdiendo la confianza en los gobernantes y se han planteado la importancia de gobiernos justos realmente preocupados por sus poblaciones. La indiferencia de muchos políticos ha rebasado todo lo imaginable, provocando un enorme vacío en el ideal de líderes, quienes deberían proporcionar confianza y fe en la gente. Es claro que, ante la pérdida de confianza de muchas poblaciones y las malas decisiones de sus representantes en los últimos años, líderes políticos como: el presidente ruso, Vladimir Putin; el primer ministro de la India, Narendra Modi; Donald Trump y otros han obtenido calificaciones negativas en las más recientes mediciones del ranking de los principales líderes mundiales.

Con todo lo anterior, se hace inevitable al corroborar que, pese a los importantes avances en los últimos tiempos en relación con la salud, aún persisten desigualdades claras. Es indispensable encontrar el por qué y no dejar a un lado la salud de una población que puede influir no solamente en el crecimiento económico, sino también en el bienestar para las personas. Esclarecer el vínculo entre un gobierno justo y la salud de su población podría aportar información relevante que ayude a tener una mejor economía, una mejor productividad, mejores relaciones sociales y un incremento en la esperanza de vida.

El sector social en la economía de un país suele tener fallas de mercado, por lo que el gobierno interviene con regulaciones y financiación. Sin embargo, algunos autores y estudios explican que la falta de transparencia, responsabilidad e ineficiencia por parte de un gobierno, o lo que muchos podrían llamar “gobierno corrupto”, podría estar afectando directamente a diferentes sectores como el de la educación y la salud (vea [Gupta et al. \(2000\)](#)).

La Real Academia Española define a un gobierno como un órgano superior del poder ejecutivo, constituido por el presidente, ministerios y consejos. Se sabe que el gobierno es una clave fundamental para el crecimiento de un país en todos los niveles. De hecho, hay autores que dicen que un gobierno ético y eficiente impacta de forma positiva en la economía de un país, en la educación, en el acceso al sector salud, entre otras cosas. El problema es determinar cuáles son aquellas características del gobierno que influyen más a una población, es decir, encontrar cuáles son las variables que miden el crecimiento y el desarrollo de un país desde la perspectiva de la salud. Aquí, es importante explicar que la palabra “eficiencia” se refiere a buscar cumplir objetivos estratégicos, maximizando los resultados con los recursos que se cuentan. Además, se considera que entre menos recursos se utilicen para lograr alcanzar los objetivos y entre mayor transparencia haya en su uso, más eficiente será el gobierno.

Asimismo, en los estudios [Gupta et al. \(2000\)](#) y [Remeikien et al. \(2020\)](#), se observa la posible existencia de una relación entre eficiencia gubernamental y la salud de un país. En el primero se encontró que los países con alto grado de “corrupción” en su gobierno tienen una tasa de mortalidad mayor al de países con gobiernos considerados eficientes. El escrito también menciona que el porcentaje de bebés con bajo peso al nacer es dos veces mayor en países con gobiernos ineficientes. Finalmente, el segundo estudio encuentra a través de un análisis de regresión multivariada que mejorar el sistema de salud



¹ Autora de correspondencia: Correo electrónico: duquenahie@gmail.com

tiene un impacto positivo en la calidad de vida de las personas de una nación.

Dicho esto, se tiene como hipótesis inicial que las decisiones y acciones de un gobierno afectan directamente a la salud de una población. Los países exitosos establecen estándares éticos de gobiernos justos y eficientes para controlar la salud de una población y son estos mismos sistemas los que determinarán si la salud de una nación fracasa o tiene éxito.

Por lo tanto, se analizará el impacto del gobierno sobre dos indicadores demográficos de la salud con el fin de poder dar soluciones que guíen a los gobiernos a tomar mejores decisiones.

2. MARCO TEÓRICO

Al ser un trabajo que busca relacionar diferentes variables para entender los fenómenos de una población, es indispensable contar con una amplia variedad de datos para lograr resultados más acertados.

Es por lo anterior, que se manejarán los datos de 123 países para encontrar la relación entre la salud y un gobierno justo. Sin embargo, para el análisis de resultados se utilizarán únicamente tres países: México, Estados Unidos de América y Nueva Zelanda. Todo esto con el fin de comprender de manera más clara y detallada los resultados obtenidos de los métodos estadísticos.

México

Características Generales. Los Estados Unidos Mexicanos abarcan una extensión territorial de $1,964,375 \text{ km}^2$ y una superficie total de $5,114,295 \text{ km}^2$. Se ubica en la parte norte del continente americano, limitando al norte con Estados Unidos, al sur con Guatemala y Belice. Su capital es la Ciudad de México. En cuanto a su densidad poblacional es de 64 habitantes por kilómetro cuadrado. Además, su idioma oficial es el español. Su población en 2020 era de 126,014,024 habitantes (vea la [dirección del Instituto Nacional de Estadística y Geografía](#)).

Población. México tiene una población joven a diferencia de otros países. De hecho, en el 2020 México contaba con una edad media de 29.2, que en comparación con Estados Unidos es baja, ya que su promedio es de 38.3 y en países como Francia es de 42.3, en España de 44.9 y en Italia de 47.3.

A pesar de tener a su favor una población en edad de trabajar, las tasas de crecimiento económico son muy pequeñas. Su población joven podría ser utilizada como

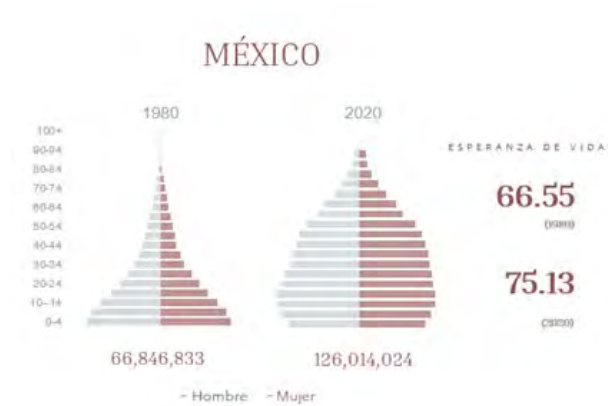
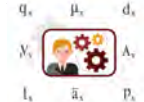


Figura 1 Pirámide poblacional de 1980 y 2020. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados de la [página oficial de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía](#).

una ventaja ante otras economías más avanzadas; sin embargo, México no está tomando las mejores medidas. Por lo anterior, se hace necesario empezar a valorar qué se está haciendo mal y utilizar ese factor como guía, dado que la población que envejece se intensificará en los próximos años y será un gran reto para las finanzas públicas. Los cambios pueden ser de una forma triangular de población entre 0 y 20 años a una forma rectangular o abultada en la parte superior que refleje el envejecimiento de la población. Vea la Figura 1. El gobierno de México está integrado por una república representativa, democrática y federal, con estados libres y soberanos.

Según la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, México es una:

- República: Porque se distingue por la división de poderes: Ejecutivo, Legislativo y Judicial. Además, los representantes se eligen de forma democrática cada determinado tiempo.
- Representativa: Porque la votación es popular. Los ciudadanos son representados por aquellos candidatos que eligen.
- Democrática: Porque se reconoce una Constitución que se establece como sistema de vida, así como gobierno del pueblo.
- Federal: Porque se basa en la coexistencia del poder de la federación con aquellas entidades federativas que forman la República. De igual manera, los poderes, límites y atribuciones están determinados por la

Constitución.

Este trabajo analizará el gobierno encabezado por Andrés López, quien inició su mandato el 1ro de diciembre de 2018, implementando lo que sus simpatizantes llaman *la Cuarta Transformación de México*.

El tema de la corrupción en México sigue siendo el núcleo de los discursos federales del presidente. De hecho, en encuestas realizadas a ciudadanos mexicanos por parte del equipo de “Los Mexicanos Frente a la Corrupción y a la Impunidad 2020”, se identifica que muchos consideran que la corrupción aumentó de un 46 % a un 53 % en el 2020. Por lo tanto, la disminución en el apoyo a la anti-corrupción de un 70 % a un 43 % de 2019 a 2020, provocó que el actual presidente registrará una caída de 19 puntos en solo un año. Lamentablemente, de acuerdo con el IPC realizado por Transparencia Internacional, México es considerado como uno de los países con más corrupción en 2020, tomando el lugar 124 detrás de Bolivia, Pakistán, Ucrania y Sierra Leona.

Asimismo, el tema de asesinatos se ha tornado preocupante al registrar 36,476 muertes violentas en el 2019. Estas cifras no disminuyeron durante el periodo del 2020, por lo que estos dos años se marcaron como los más violentos en la historia de México (vea [Staff \(2020\)](#)).

Finalmente, la crisis que se observó en México durante las elecciones del 2018 se reflejó de igual forma en otros países del mundo, según lo afirma el doctor en Derecho y docente-investigador del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, Emilio Rabasa Gamboa. Esta crisis de la democracia se evidenció en los resultados de las elecciones de los representantes, quienes una vez electos, no cumplieron con las promesas hechas a los ciudadanos.

Desafortunadamente, los procesos democráticos se han visto opacados por la escasa representación de intereses sociales, existiendo factores detonantes como la desigualdad, el desempleo, los bajos salarios y exclusión social. Todo lo anterior ha provocado una desilusión en la democracia de México.

Economía. PIB per cápita 2020: 8.421 USD. México tiene 65.5 puntos en el índice de mercados libres de 2021, estando en el lugar 65. Su decremento de 0.5 puntos del 2020 al 2021 se debe principalmente a un declive en el comercio internacional. Este año, la economía de México permaneció moderadamente libre, a pesar de que tiene 23 tratados comerciales (vea [The Heritage Foundation \(2020a\)](#)).

Por otro lado, la situación de la pandemia provocó una caída del 8.5 % del producto interno bruto (PIB) durante el año pasado, según datos proporcionados por [la](#)

[dirección del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y Gupta et al. \(2000\)](#). Desgraciadamente, México es uno de los países que menos recursos públicos utilizan para paliar la crisis económica, registrando menos del 1 % del PIB de acuerdo con información de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

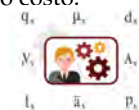
Todo lo anterior es preocupante, ya que el desempleo aumentó en un 5.2 % en el 2020, registrando un incremento aún mayor del 5.8 % este año (vea [la dirección del Instituto Nacional de Estadística y Geografía](#)).

Salud. En México los servicios de salud están divididos de forma fragmentada. De hecho, de acuerdo con datos de [la dirección del Instituto Nacional de Estadística y Geografía](#), en el 2019, un 82 % de la población tenía una afiliación a un servicio de salud y un 17.3 % no estaba asegurada. En resumen, un 49.9 % contaba con el llamado *Seguro Popular*, un 39.2 % estaba adscrito al IMSS, un 7.7 % estaba afiliada al ISSSTE; mientras que un 3.3 % estaba afiliada al sector privado y un 1.2 % estaba afiliada a servicios de salud de PEMEX, SEDENA o Marina Armada.

Cuando el Seguro Popular desapareció el 29 de noviembre del 2019 al emitir un decreto que crea el Instituto de la Salud para el Bienestar, quedando anulada la Comisión Nacional de Protección Social en Salud. Todo esto con la intención de que cualquier mexicano pudiera contar con un servicio de salud totalmente gratuito, otorgando atención en los centros de salud y hospitales públicos que no estuvieran afiliados al IMSS o ISSSTE. Desafortunadamente, la iniciativa no parece caminar como se esperaba, enfrentando incertidumbre y desorganización en el Sector Salud por su precipitada presentación, su escasa planeación y su inadecuada comunicación con las instituciones de salud involucradas.

De acuerdo con la OMS, un modelo de salud universal que sea completamente gratuito es difícilmente sostenible y esto se vio claro con la llegada de la pandemia, ya que estar en esta situación ocasionó que México no estuviera debidamente preparado para una emergencia de tales dimensiones. Esta falta de organización se tradujo en un altísimo porcentaje de muertes por coronavirus.

¿Por qué elegimos este país? A pesar de que México es un país democrático, en el que se debería buscar como principal objetivo el bienestar de sus ciudadanos, lamentablemente es uno de los países con uno de los niveles más bajos en educación, una alta inseguridad y una baja esperanza de vida. Además, es un país en donde tener una buena calidad de vida requiere un alto costo.



Al ser México nuestro país adquiere un especial interés y una preocupación relevante, haciendo indispensable adentrarnos en los factores que pudieran estar afectando a la salud de los mexicanos y ver si estos problemas están relacionados a un gobierno con estándares poco éticos que posiblemente lo mantienen en una situación muy preocupante.

Estados Unidos de América

Características generales. La capital de Estados Unidos de América es Washington, D.C, lugar donde se albergan las tres ramas del gobierno federal: el Capitolio, la Casa Blanca y la Corte Suprema. EE.UU cuenta con 50 estados y se ubica en la parte central de América del Norte, entre los océanos Pacífico y Atlántico, estando al norte con Canadá y al sur con México.

Estados Unidos de América tiene una superficie de 9,826,630 kilómetros cuadrados y es considerado el cuarto país más grande del mundo en superficie. Finalmente, EEUUAA cuenta con una densidad de población moderada de 33 habitantes por kilómetro cuadrado. El inglés es el idioma oficial. (Fuente: [U.S. Data and Statistics](#).)

Población. 331,002,647 habitantes. Estados Unidos de América es de los países con uno de los crecimientos más rápidos en el mundo. Sin embargo, ante los últimos acontecimientos de la emergencia sanitaria, este país registró el segundo crecimiento más pequeño en una década, según el Censo de 2020.

Otro factor importante por analizar está en la pirámide poblacional. En ésta se observa un mayor número de jubilados ante un menor número de jóvenes trabajadores. Es decir, de acuerdo con el Censo de 2020, el número de personas adultas de 55 años o más creció un 27%, registrando una disminución de jóvenes en 31 estados. Lo más preocupante es que, pese a los altos presupuestos con los que cuenta este país, la esperanza de vida es muy baja en comparación con otros países, incluso con menos recursos. Vea la Figura 2.

Gobierno. Siendo Estados Unidos una democracia representativa, los dirigentes del gobierno estatal y local son elegidos a través del voto de sus ciudadanos. El sistema político se organiza por partidos políticos y se crean leyes para su correcta dirección. En Estados Unidos los medios de comunicación tienen un papel relevante en la política, pues influyen a favor o en contra de los sentimientos de la ciudadanía. También existen otros grupos especiales que impactan en las elecciones aportando dinero u otros recursos. Esto ha dado pie al cuestionamiento de si Esta-

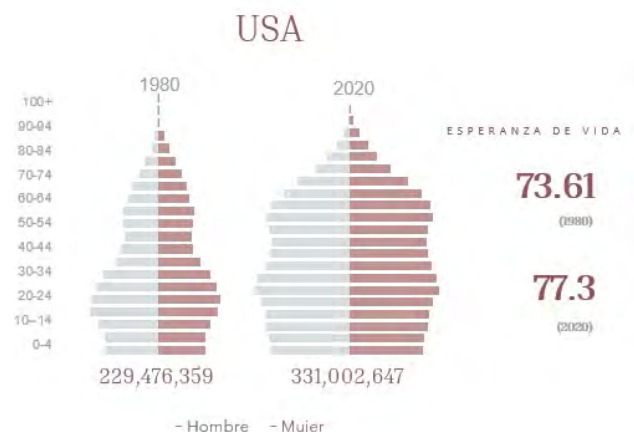
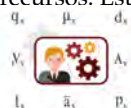


Figura 2 Pirámide poblacional de 1980 y 2020. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados de la página oficial de [U.S. Data and Statistics](#).

dos Unidos se comporta como una auténtica democracia del pueblo o está más cercano a ser un gobierno en manos de una clase social privilegiada. A partir del 2021, el demócrata Joe Biden tomó posesión como presidente de los Estados Unidos de América. Sin embargo, el gobierno que se analizará será el del republicano Donald Trump.

Desde 20 de enero de 2017 hasta el 20 de enero de 2021, el republicano Donald Trump, presidente de los Estados Unidos de América, sorprendió al mundo al ser la primera persona sin ninguna experiencia gubernamental o militar en ser elegido presidente de EEUUAA. En los últimos años, los Estados Unidos de América han acusado fisuras en su sociedad, así como profundas divisiones partidistas que se hicieron muy evidentes durante el mandato de este presidente.

Donald Trump no consiguió frenar sus propios intereses políticos ante las prioridades de la seguridad nacional del país, ya que durante el 2020 no tuvo la empatía ni el comportamiento necesario para evitar un elevado número de muertes ocasionadas por la emergencia sanitaria que se estaba viviendo. En la derrota, no supo actuar más que con reclamaciones e insurrecciones que le dejaron en un papel muy lamentable.

Aunado a todo lo anterior, de acuerdo con el informe de Transparencia Internacional (2020), Estados Unidos atraviesa por uno de los peores momentos de corrupción. En el indicador anual de la Percepción de la Corrupción, EEUUAA descendió en el 2020 a un mínimo de 67 puntos,

muy por debajo del año 2015 que contaba con 76 puntos. Además, tiene una notable caída en la confianza de sus instituciones por el mal manejo de la pandemia.

Desafortunadamente, la respuesta de Donald Trump ante esta crisis dejó ver la importancia de buscar líderes realmente interesados en las necesidades de las poblaciones.

Economía. PIB per cápita 2020: 63.54 USD. Los Estados Unidos de América tienen una economía libre con intervención limitada por parte del gobierno en el sector salud, en el retiro y en el transporte. Además, tiene 14 tratados comerciales con 20 países. La economía de EE.UU es diversificada y con tecnología avanzada.

Este país está posicionado en el lugar veinte de las economías más libres de 2021, con una calificación de 1.8 puntos menos que el año pasado. Esto se debe principalmente a que el país sigue teniendo un gasto público excesivo, niveles de deuda inestables y problemas en la regulación de algunos sectores. Vea [The Heritage Foundation \(2020c\)](#).

En noviembre, la tasa de desempleo se acercó al 6.7 % y aumentó hasta un 8 % con respecto a la cifra más cercana de abril, según la Oficina de Estadística Laboral en su informe de situación laboral de diciembre de 2020.

Es importante destacar que Estados Unidos cuenta con uno de los PIB per cápita más elevados del mundo, pese a eso, las acciones en la salud pública han tendido a reflejar las desigualdades sociales, ya que el número de ciudadanos sin seguro de salud fue mayor durante el gobierno del presidente Trump (vea [Center on Budget and Policy Priorities \(2021\)](#)).

Salud. Los servicios de salud en los Estados Unidos se dividen en sector privado y sector público. El sector privado es muy competitivo y está formado por médicos, hospitales, dentistas, compañías aseguradoras, hogares para convalecientes, organismos de asistencia domiciliar y fabricantes de productos farmacéuticos.

Es bien sabido que Estados Unidos gasta mucho más en salud que otros países del mundo; sin embargo, su esperanza de vida es más corta. De hecho, el gasto en salud de este país se ha incrementado en la última década. Es decir, entre 2010 y 2019 el gasto promedio de los países que forman la OCDE fue aproximadamente de 8.7 % del PIB anual, mientras que el gasto en atención médica en EEUUAA aumentó del 16.3 % al 17 % del PIB en ese mismo período.

Un inconveniente en Estados Unidos es que no se brindan beneficios de salud y los que se reciben se tienen que

pagar. La asistencia sanitaria es muy cara y la mayoría de la gente tiene seguro médico debido a los altos precios de los servicios médicos. De igual forma, más de la mitad de los hospitales son sin fines de lucro y negocian contratos con múltiples aseguradoras para obtener sus ingresos, por eso durante la emergencia del COVID-19 no contaban con los suficientes hospitales públicos para coordinarse.

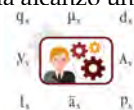
¿Por qué elegimos este país? Un inconveniente en Estados Unidos es que no se brindan beneficios de salud y los que se reciben se tienen que pagar. La asistencia sanitaria es muy cara y la mayoría de la gente tiene seguro médico debido a los altos precios de los servicios médicos. De igual forma, más de la mitad de los hospitales son sin fines de lucro y negocian contratos con múltiples aseguradoras para obtener sus ingresos, por eso durante la emergencia del COVID-19 no contaban con los suficientes hospitales públicos para coordinarse.

Nueva Zelanda

Características generales. Nueva Zelanda, localizado en Oceanía al sureste de Australia, tiene como capital a Wellington y está formado por dos islas (Isla del Norte e Isla del Sur). Limita al sur con el océano Antártico y al oeste con el mar de Tasmania. Nueva Zelanda abarca una densidad poblacional de 19 habitantes por kilómetros cuadrados y tiene una superficie de 268,021 kilómetros cuadrados. El inglés y el maorí son sus idiomas oficiales. (Vea [el sitio de estadísticas de Nueva Zelanda](#).)

Población. Como muchos de los países de alto ingreso, Nueva Zelanda se encuentra en la cuarta etapa del Modelo de Transición Demográfica, teniendo bajas tasas de natalidad y de mortalidad. Existe un rápido crecimiento de la población de adultos mayores y una alta esperanza de vida, por lo que muchas personas de edades avanzadas tienen enfermedades y padecimientos graves. De acuerdo con el censo de 2020, la esperanza de vida para los neozelandeses fue de 82 años, lo que provoca que los hospitales tengan cada vez más demanda.

Lamentablemente, en Nueva Zelanda hay menos personas con vida laboral que financien las pensiones estatales y los servicios de apoyo. De hecho, se espera que para el 2050 el 27 % de los neozelandeses tengan más de 65 años (lo anterior, según [el sitio de estadísticas de Nueva Zelanda](#)). A pesar de lo mencionado anteriormente, la tasa de fecundidad del país sigue siendo más alta que la de la mayoría de los países similares, al igual que la migración neta. Finalmente, Nueva Zelanda alcanzó una



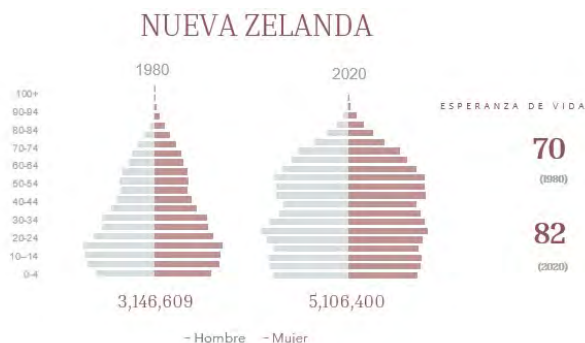


Figura 3 Pirámide poblacional de 1980 y 2020. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados del [sitio de estadísticas de Nueva Zelanda](#).

población de 5 millones en marzo de 2020 y esto significa que se adelantó a la estimación, pues se creía que se alcanzaría esta cifra hasta 2031. Vea la Figura 3.

Gobierno. En Nueva Zelanda normalmente se siguen los procedimientos de la ley inglesa, siendo la jefa de Estado la Reina Isabel II. Sin embargo, los tribunales han adquirido una postura independiente que realiza una función constitucional y política significativa en dirección a todo lo relacionado al derecho público y administrativo. Además, cuenta con una separación de poderes en tres ramas para asegurar una administración equitativa entre los mismos, sin inclinar el poder a ninguno de ellos. Nueva Zelanda utiliza un sistema que se autodenomina como *gobierno responsable* que está integrado por ministros electos de la Cámara de Representantes.

Por otro lado, Nueva Zelanda tiene un gobierno nacional que maneja reformas ya existentes desde hace cuatro décadas, las cuales han variado muy poco. Es considerado un país con una posición realmente notable ante otros países que muestran clara deficiencia en muchos aspectos importantes.

Finalmente, de acuerdo con el índice de Percepción de la Corrupción del 2020, Nueva Zelanda es clasificado como uno de los países menos corruptos del mundo, manteniendo la postura trece durante los últimos quince años. De igual forma, en los índices de la Libertad Económica de [The Heritage Foundation \(2020b\)](#) y la Libertad Económica del Mundo del Instituto Fraser colocan a Nueva Zelanda como la tercera nación más libre del mundo.

La primera ministro de Nueva Zelanda inició su encomienda el 1 de agosto de 2017, y se llama Jacinda Ka-

te Laurell Ardern. Es una política neozelandesa que se posiciona como líder del Partido Laborista. Entre otros cargos importantes, Ardern fue elegida parlamentaria por primera ocasión en 2008 y también ha contado con la diputación para Mount Albert desde el 8 de marzo de 2017.

Es indudable que uno de los carismas principales con los que cuenta la primera ministra es la empatía al realizar su cargo. De hecho, muchos conocedores en política reconocen que ésta es una característica que la conecta estrechamente con los ciudadanos. Es claro que la empatía que practica no se contrapone en su determinación al legislar y gobernar, sino todo lo contrario, ya que esta característica le da más fuerza y claridad en sus decisiones. Su postura compasiva ante las situaciones le permite un enfoque político diferente, en el que el éxito se mide no solamente por PIB del país, sino por una mejor calidad de vida en su población.

Economía. PIB per cápita: 41.791 USD. Nueva Zelanda tiene una economía libre desarrollada basada en agricultura y servicios. El país depende del comercio internacional y del turismo. Sus productos con mayor exportación son concentrados de leche y mantequilla, y sus importaciones principales son automóviles y petróleo crudo. Además, tiene 12 tratados comerciales internacionales, siendo China, Australia y Estados Unidos los países con los que más intercambio tiene.

El índice de 2021 de las economías libres ubica a Nueva Zelanda en el segundo lugar con 83.9 puntos, muy por encima de Estados Unidos. Gracias a las medidas de salud ante la pandemia, para finales del 2020 Nueva Zelanda estaba entre los mejores países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. De hecho, a pesar de las estrictas medidas de salud de viajar que hay actualmente, se espera que el PIB real del país crezca un 4 % en 2021, disminuyendo el desempleo e incrementando el ingreso (vea [Gupta et al. \(2000\)](#)). El alto crecimiento de Nueva Zelanda durante la pandemia comparado con muchos otros países se debe en gran parte a los paquetes de estímulo que ofreció el gobierno a sus ciudadanos y a las políticas monetarias aplicadas por el Banco de la Reserva de Nueva Zelanda.

Salud. Nueva Zelanda cuenta con un sistema de salud universal, esto quiere decir que la salud es cubierta por los impuestos y el gobierno, lo que permite que la gente pueda acceder a ésta de manera gratuita. La cobertura incluye atención a pacientes hospitalizados, pacientes ambulatorios, la salud mental, medicamentos recetados,

entre otros. Como los pacientes pueden deber copagos, servicios y productos, una tercera parte de la población cuenta con un seguro privado para poder pagar lo que no viene incluido.

Finalmente, este país ha implementado una estrategia exitosa contra la COVID-19 a través de rigurosas medidas de salud pública. Estas incluyen: confinamiento estricto al inicio de la pandemia, manejo de requerimientos de cuarentena, una especial atención en pruebas, rastreo de contacto de infectados y restricciones estrictas en cuanto a viajes. En total 3,700 personas se han contagiado de coronavirus en Nueva Zelanda y 27 personas han fallecido, es decir, 5.4 % de la población. En cuanto a la vacuna, hasta el 6 de septiembre de 2021, el 52 % de la población ha recibido al menos una dosis y el 27 % ya cuenta con la segunda dosis. (Vea [Ministry of Health NZ \(2020\).](#))

¿Por qué elegimos este país? Es un país con una extraordinaria economía, rica y desarrollada, que se refleja en muchos aspectos de su crecimiento. De hecho, de acuerdo con distintas investigaciones, Nueva Zelanda es de los pocos países que se consideran como libres de pobreza extrema y en donde existe un interés por el bienestar social de su población. Es indudablemente un país con una calidad de vida óptima en el que su población tiene buena salud y educación, por ello muchos se preguntarán, ¿será que el liderazgo por parte del gobierno de Nueva Zelanda tiene un impacto relevante en estos resultados?

3. COMPARACIONES DE SALUD

Con respecto a la salud de los países seleccionados, es relevante también hacer comparaciones a partir de las causas principales de muerte. Todo esto con el objetivo de entender con mayor claridad los problemas de salud que enfrenta cada población. Como se puede notar en la Figura 4, las muertes por enfermedades cardiovasculares, por Alzheimer y por derrames cerebrales representan las tres principales causas de muerte a nivel global en 2019. Sin embargo, es la muerte por enfermedades de corazón la que más destaca entre los tres países (EEUU, México y Nueva Zelanda), ya que cada uno de estos países muestra un nivel elevado de muertes por este motivo.

Ahora bien, si se observa las principales causas de muerte en 2020 globalmente, se podrá ver que tras la pandemia las muertes por enfermedades cardiovasculares, por derrames cerebrales y por enfermedades pulmonares conservaron su posición. Sin embargo, es el COVID-19 quien toma la cuarta posición como causa principal de muerte a nivel global en 2020, dejando por debajo a las



Figura 4 Las diez principales causas de muerte en 2019 a nivel global. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados de [World Health Organization \(2019\)](#).

muertes por enfermedades respiratorias. Vea la Figura 5. Por otra parte, tomando en cuenta las diez principales causas de muerte en el 2019 de los países seleccionados, generamos las Figuras 6-8. Se puede ver que las enfermedades coronarias son la causa número uno de muerte en las tres naciones. Además, las enfermedades cerebrovasculares, diabetes mellitus y enfermedades pulmonares forman parte de sus diez principales causas.

Las Figuras 9-11 muestran las diez principales causas de muerte en México, EE.UU. y Nueva Zelanda durante 2020. Todo esto con el fin de observar si hubo cambios en este periodo. A pesar de la pandemia, en el año 2020 los tres países mantuvieron las enfermedades de corazón como primera causa de muerte. Por otro lado, se observa que Nueva Zelanda no presenció ningún cambio en el orden de sus principales causas de muerte en 2020 debido a su bajo número de muertes por COVID-19. Sin embargo, en EE.UU. y en México el orden de estas causas si presentan cambios, ya que, según la [dirección del Instituto Nacional de Estadística y Geografía](#), las tres principales causas de muerte en México durante 2020 fueron las enfermedades cardiovasculares, COVID-19 y diabetes mellitus; mientras que, en Estados Unidos, las enfermedades cardiovasculares, cáncer y COVID-19 fueron las principales causas de muerte en el 2020 (vea [Ahmad and Anderson \(2021\)](#)).

4. METODOLOGÍA

Como se mencionó en un inicio, con este proyecto se busca estudiar la relación entre la salud de una población y un gobierno justo; por lo tanto, se hace necesario





Figura 5 Las cinco principales causas de muerte en 2020 a nivel global. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados de [World Health Organization \(2019\)](#).



Figura 7 Las diez principales causas de muerte en Estados Unidos durante el año 2019. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados de [World Health Organization \(2019\)](#).

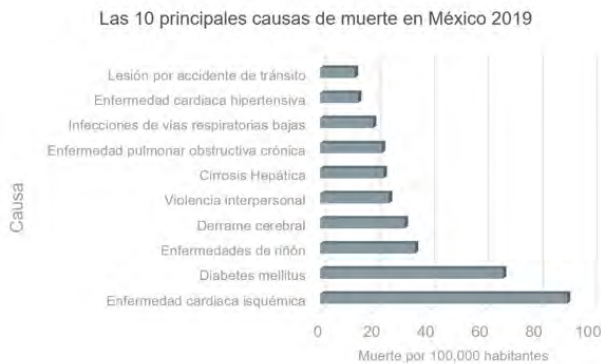


Figura 6 Las diez principales causas de muerte en México durante el año 2019. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados de [World Health Organization \(2019\)](#).



Figura 8 Las diez principales causas de muerte en Nueva Zelanda durante el año 2019. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados de [World Health Organization \(2019\)](#).



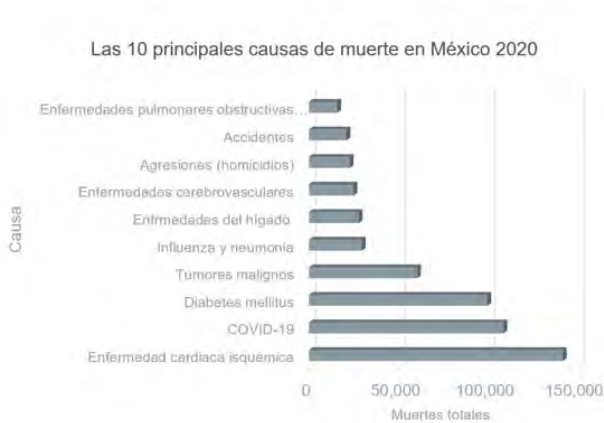


Figura 9 Las diez principales causas de muerte en México durante el año 2020. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados de la [dirección del Instituto Nacional de Estadística y Geografía](#).



Figura 10 Las diez principales causas de muerte en Estados Unidos durante el año 2020. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados de [U.S. Data and Statistics](#).

Las 10 principales causas de muerte en Nueva Zelanda 2020

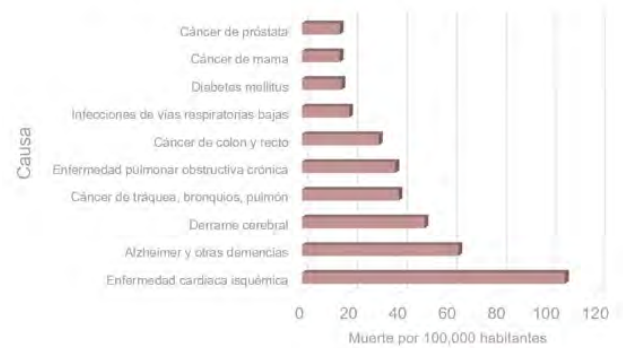


Figura 11 Las diez principales causas de muerte en Nueva Zelanda durante el año 2020. Elaboración propia en Excel a partir de datos recabados del [sitio de estadísticas de Nueva Zelanda](#).

encontrar métodos que ayuden a realizar un buen análisis. Es por lo anterior que se llegan a los métodos de análisis multivariante, los cuales se utilizan en la evaluación y recopilación de datos estadísticos para explicar las relaciones entre las diferentes variables asociadas a los datos.

En resumen, las pruebas multivariadas tienen como fin lograr explicar el contenido de un contexto cuando éste no es suficientemente claro y existen más de tres variables involucradas. Además, busca detectar una estructura, cerciorándose primero de los datos para crear un modelo que se entienda con mayor facilidad.

Los métodos de análisis multivariante se pueden subdividir según su función, siendo el objetivo del primero descubrir una estructura dentro de la combinación de datos y del segundo comprobar si dichos datos tienen una estructura determinada.

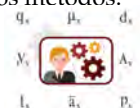
Los métodos que pueden ser utilizados para determinar una estructura son:

- Análisis factorial
- Análisis de conglomerados

Los procedimientos de revisión estructural son los siguientes:

- Análisis de regresión
- Análisis de varianza
- Análisis discriminante

En este trabajo se utilizarán únicamente dos métodos:



1. **Análisis de regresión múltiple.** La primera técnica estadística que se utilizará para la exploración de la información es la regresión múltiple, un método estadístico utilizado para analizar la relación entre una variable de interés Y (variable dependiente o respuesta) y distintas variables independientes o también conocidas como variables explicativas $(x_1, x_2, \dots, x_p)$. Es decir, el principal objetivo de este método es utilizar los valores que se conocen (variables independientes) para predecir el único valor dependiente.

De igual forma, la regresión múltiple permite formas funcionales más flexibles, como variables cuadradas, interacciones, etc.

Modelo de regresión múltiple:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_m x_m + \varepsilon,$$

donde Y es la variable dependiente, $x_1, x_2, \dots, x_m$ son las variables independientes, con $m \in \mathbb{N}$, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ son los parámetros del modelo que se desea estimar y ε es un término de ruido aleatorio.

En el presente trabajo se tomará a la esperanza de vida y a la tasa de mortalidad infantil como variables dependientes.

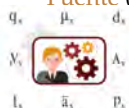
Ecuación estimada :

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k,$$

donde $\hat{Y}$ es el valor predicho, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ son los coeficientes y $x_1, x_2, \dots, x_k$ son las k variables independientes. El análisis de regresión asegura la predicción máxima de la variable dependiente, que por lo general se realiza mediante estimación por mínimos cuadrados.

Finalmente, cuando se habla de regresión múltiple, también es indispensable hablar de la hipótesis nula de una regresión, la cual afirma que no existe relación entre X y Y . Por lo tanto, únicamente se afirmará verdadero hasta que la evidencia estadística en forma de una prueba de hipótesis indique lo contrario.

2. **Análisis de Conglomerados.** El análisis de conglomerados es una técnica estadística multivariada que tiene como objetivo agrupar en clusters los casos o variables más homogéneos. Las etapas de este método se puede reducir en lo siguiente (vea [De-La-Fuente \(2011\)\)](#).



- Elección de las variables
- Elección de la medida de asociación. Se debe elegir una medida de asociación adecuada para el problema a analizar. Esta medida puede ser de distancia o de similaridad. En este trabajo se utiliza la medida de distancia donde, los grupos formados contienen individuos parecidos, teniendo como resultado una distancia pequeña entre ellos. La Distancia Euclidiana y la Distancia de Mahalanobis son dos ejemplos de esta medida. La primera de estas dos es la utilizada aquí.

Distancia euclidiana del espacio euclídeo n -dimensional:

$$d(P, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2},$$

donde $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ y $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ son los puntos.

- Elección de la técnica de Cluster. Existen los métodos jerárquicos y los métodos no jerárquicos. Los primeros buscan agrupar clusters para formar uno nuevo o separar alguno que ya existe para crear otros dos, maximizando así la medida de similaridad o minimizando la distancia. Por otro lado, el método no jerárquico clasifica los individuos en k grupos al elegir una partición de los individuos de k grupos e intercambiar los miembros de los clusters para así encontrar una partición mejor. Para efectos de este trabajo, se utiliza el método no jerárquico de reasignación K -medias. Este método busca minimizar las distancias dentro de un cluster y maximizar las distancias entre clusters. Los pasos del método se pueden resumir de la siguiente manera:

- a) Comienza con una partición inicial de datos en un número específico de grupos y después calcula el centroide de cada uno. Esta partición inicial es con los casos más alejados entre sí.
- b) Calcula la distancia de cada punto de dato con el centroide más cercano para asignar los puntos de datos a los conglomerados correspondientes. Al ser un método de reasignación, un punto asignado a un cluster en una iteración puede ser reasignado a otro cluster en otra iteración.

- c) Calcular el nuevo centroide de cada cluster tomando la media de todos los puntos de datos en él.
- d) Repetir los pasos 2 y 3 hasta que ninguna reasignación reduzca más la distancia entre los puntos y los centros de los clusters dejen de moverse.

El procedimiento de K -medias se formula de la siguiente forma:

$$\min_x \mathbb{E} \mu_i = \min_s \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} \|x_k - \mu_i\|^2,$$

donde $(x_1, \dots, x_n)$ es un conjunto de observaciones, y cada entrada es un vector real d dimensiones, $S = \{S_1, \dots, S_k\}$ es una partición de tamaño $k \leq n$ tal que la suma de distancias dentro de cada grupo es mínima, y μ_i la media de los puntos en S_i .

3. Validación de los resultados. En este trabajo se analizan las medias para tener un mejor entendimiento de los resultados.

Para encontrar la relación entre un gobierno justo que sigue los estándares correctos y la salud de una población, es necesario primero definir qué son los estándares correctos dentro de un gobierno y, para ello, es importante entender el concepto de un gobierno y liderazgo ético.

Se debe empezar por comprender que el gobierno ético trabaja en cuanto a la aplicación de reglas en procesos y procedimientos para asegurar altos estándares de desempeño. Con esto se podrá garantizar efectividad y eficiencia en todos los ámbitos de una sociedad para impulsar la economía y bienestar social. Todo está relacionado, por lo que la jurisprudencia práctica se basa en el funcionamiento de un gobierno justo, honesto y transparente.

Por otro lado, si hablamos de ética en relación con un gobierno, es inherente abordar el tema de lo que significa tener una buena gobernanza. La transparencia, eficacia, derechos humanos, anticorrupción, la integridad, la legalidad y las políticas sólidas, así como la participación, rendición de cuentas y capacidad de respuesta son solamente algunos de los puntos que se trabajan en un gobierno justo. Todas las características mencionadas anteriormente se convierten en elementos fundamentales para definir una gobernanza que evita la corrupción, el delito y permite una

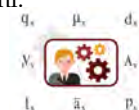
gestión eficiente de los recursos humanos, naturales, económicos y financieros.

La buena gobernanza se suele asociar a objetivos políticos, económicos y sociales, pero es en realidad el proceso el que lleva a una sociedad a manejar correctamente estos asuntos por medio de instituciones públicas. De igual forma, ayuda a gestionar de manera más eficiente aquellos recursos con los que se cuenta para impulsar el Estado de Derecho y el ejercicio de los Derechos Humanos.

Según el Quality of Government Institute de la Universidad de Gotemburgo, en Suecia, la calidad en las instituciones de gobierno es un factor indispensable para el bienestar de los ciudadanos. Esto se ve reflejado tanto en el sector salud como en el trato del medio ambiente, políticas sociales y económicas que evitan el empobrecimiento o deterioro de la población.

Por otro lado, por medio del Banco Mundial se puede encontrar los Indicadores de Gobernanza Mundial (WGI). Estos son un conjunto de datos que resumen la calidad de un gobierno en 200 países) capturando seis dimensiones: Voz y Responsabilidad, Calidad Regulatoria, Estabilidad Política y Ausencia de Violencia, Estado de derecho, Efectividad de un Gobierno y Control de Corrupción. La información para calcular estos indicadores es recabada de muchas encuestas hechas a empresas, ciudadanos, los conocidos think tanks, organizaciones no-gubernamentales y organizaciones internacionales. Aunque algunos autores consideran estos indicadores como útiles, los WGI han sido criticados por falta de transparencia, o se perciben como demasiado complejos, arbitrarios, sesgados, con errores de correlación y más. Sin embargo, autores como Kaufmann, [Kaufmann et al. \(2016\)](#) mencionan que estas críticas no son válidas debido a su escasa evidencia empírica. Para efectos de este trabajo, se utilizarán algunos de estos indicadores, incluyendo Efectividad de un Gobierno.

Es por todo lo anterior que se define un gobierno justo que sigue los estándares correctos por medio de las siguientes 6 categorías: aportación monetaria de un gobierno, calidad de un gobierno, capacidad de respuesta de un gobierno, responsabilidad de un gobierno y transparencia de un gobierno. Por lo tanto, los índices dentro de estas categorías, las cuales se explicarán más adelante, serán las variables independientes junto con factores económicos (sexta categoría) como el PIB y el índice Gini.



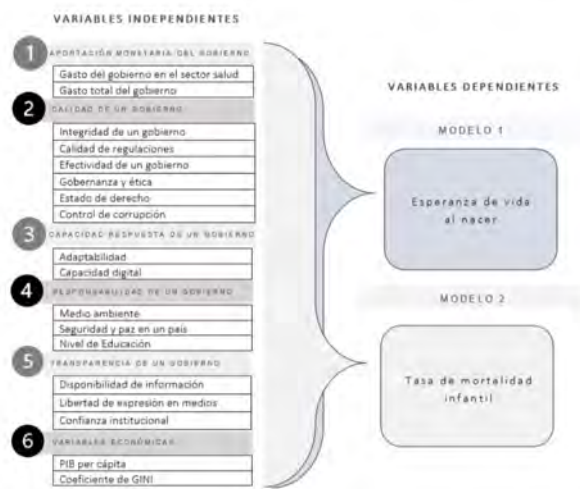


Figura 12 Marco de investigación

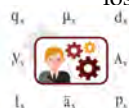
En resumen, con estas variables se buscará explicar dos de los indicadores de salud más importantes dentro de la demografía con el fin de observar si existe una relación entre la salud y un gobierno justo. Vea la Figura 12.

Ahora bien, se explicarán a detalle cada una de estas variables para poder comprender de mejor manera la metodología.

Variables independientes.

1. Aportación monetaria de un gobierno.

- Gasto corriente del gobierno en el sector salud per cápita (medida en USD) X_1 . Esta variable indica las estimaciones de los gastos actuales de salud de cada país, los cuales incluyen servicios y bienes sanitarios. Es el gasto corriente per cápita en salud.
- Gasto total del gobierno X_2 . Este componente obtenido de la fundación estadounidense, The Heritage Foundation, considera el nivel de gasto público como porcentaje del PIB. El puntaje completo se representa a través del gasto del gobierno, el consumo y las transferencias. La metodología consiste en tomar como punto de referencia al cero, siendo éste el gasto público. Por lo tanto, los países con poca capacidad gubernamental (países subdesarrollados) serán los que obtengan puntajes relativamente altos.



La ecuación de gasto que utiliza esta variable es la siguiente:

$$GE_i = 100 - \alpha(Gastos_i)^2,$$

donde GE_i es la puntuación del gasto público del i -ésimo país, $Gastos_i$ es la cantidad total de gasto público en todos los niveles como parte del PIB (entre 0 y 100) y α es un coeficiente para controlar la variación entre puntuaciones (establecido en 0.03).

2. Calidad de un gobierno.

- Integridad del Gobierno (Government Integrity) X_3 . Las relaciones económicas se ven directamente afectadas y generan incertidumbre cuando existe inseguridad derivada de la corrupción. Es importante entender que la integridad de un gobierno es fundamental para tomar decisiones conscientes dentro de una organización. Cuando las reglas y estándares éticos son basados en la ley o en los valores de la sociedad, la integridad en el actuar se refleja en la gobernanza y se convierte en un factor de seguridad social. Este indicador forma parte del Índice de Libertad Económica publicado por The Heritage Foundation. En cuanto a la puntuación, este componente proviene principalmente del Índice de la Percepción de la Corrupción (IPC), el cual se registra en una escala de 10 puntos, en donde 10 es muy bueno (poca corrupción) y 0 es muy malo (mucha corrupción). Cuando se califica la ausencia de corrupción, se encuentra que el índice transforma los datos del IPC que no han sido procesados en una escala de 0 a 100 multiplicando el puntaje del IPC por 10.
- Calidad de Regulaciones (Regulations Quality) X_4 . El Índice de Calidad de Regulaciones también forma parte de los WGI. Es una medida que indica la capacidad del gobierno en tanto a su manera de formular e implementar políticas y regulaciones sólidas. Estas mediciones son de gran ayuda y son elaboradas por el Banco Mundial en un afán de permitir y promover mayor crecimiento en el sector privado. Es importante señalar que la medida se da en un rango percentil entre los países que va desde 0 (muy malo) hasta 100 (muy bueno).

- Efectividad del Gobierno (Government Effectiveness) X_5 . Dentro de los WGI proporcionadas por el Banco Mundial, se encuentra el Índice de Efectividad del Gobierno. Esta variable ayuda a saber la calidad en los servicios públicos, el servicio civil y la credibilidad del compromiso de un gobierno. De igual manera, permite que las características mencionadas anteriormente crezcan y se mantengan siempre al alza para beneficio de la sociedad. Finalmente, este estudio incluye 193 países y es sin duda uno de los indicadores de calidad gubernamental más claros en el rango percentil que va desde 0 siendo el más bajo hasta 100 como el más alto.
- Gobernanza y Ética X_6 . Variable obtenida de las dimensiones gubernamentales en [University of Oxford \(2020\)](#). Este componente se utiliza para observar si un país cuenta con regulaciones y marcos éticos. Incluye variables como: “UN Data Protection and Privacy Legislation Worldwide” para ver si existe protección de datos y legislación de privacidad; “Global Cybersecurity Index”, cuya finalidad es medir la capacidad del gobierno para controlar la seguridad cibernética; “Ethics Lab Toolbox”, para analizar los marcos éticos nacionales; y finalmente, “Global Competitiveness Index”, obtenido del Foro Económico Mundial, que sirve para saber la capacidad de un país para generar oportunidades de desarrollo económico, productividad y desarrollo sostenible.
- Estado de Derecho (Rule of Law) X_7 . El Índice de Estado de Derecho ayuda a ver el grado con el que los agentes dan seguimiento a las reglas dentro de una sociedad, especialmente en el acatamiento de los contratos, la policía, los derechos de propiedad, los tribunales; así como en la existencia de delitos y violencia en un país. Esta variable se mide en un rango percentil que va desde 0 siendo el más bajo hasta 100 siendo el más alto. Es elaborado por el Banco Mundial y pertenece a los WGI.
- Control de la Corrupción (Control of Corruption) X_8 . El Índice de Control de la Corrupción, también creado por el Grupo del Banco Mundial, está relacionado con las diferentes manifestaciones de “corrupción” en todos los ámbitos y el interés del gobierno por combatir dicha inmoralidad. Aquí también se utiliza un rango percentil que va desde el 0 (peor calificación) y

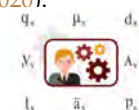
el 100 (mejor calificación). Cabe mencionar que el Banco Mundial (2020) define la palabra “corrupción” como el abuso de un cargo público para obtener un beneficio privado, cubriendo comportamientos desde el soborno hasta el robo de fondos públicos.

3. Capacidad de respuesta de un gobierno.

- Adaptabilidad X_9 . Este indicador se refiere a la habilidad de una nación para asumir cambios que permitan seguir con objetivos anteriores, sin alterarlos ni disminuir sus alcances. Un pilar esencial para ejercer un liderazgo sano dentro de las organizaciones involucradas. Su principal pregunta es: ¿Puede el gobierno cambiar, adaptarse e innovar de forma efectiva? Finalmente, esta medida es obtenida de los pilares y dimensiones en [University of Oxford \(2020\)](#), en un rango que va desde 0 (muy malo) hasta 100 (muy bueno).
- Capacidad Digital X_{10} . Esta variable ayuda a saber qué tanto es aceptada y buscada la transformación digital en un deseo de crecimiento y desarrollo. Es obtenida de los pilares y dimensiones de [University of Oxford \(2020\)](#). Se calcula en un rango que va desde el 0 como el más bajo hasta el 100 como el más alto.

4. Responsabilidad de un gobierno.

- Medio ambiente (Índice de Desempeño Ambiental) X_{11} . Este indicador es muy importante en la búsqueda de mejoras ambientales. Es conocido como Índice de Desempeño Ambiental (EPI) y se basa en indicadores de sostenibilidad en todo el mundo. Para su elaboración se usan 32 indicadores en 11 categorías que dejan ver los problemas de 180 países en relación con la salud ambiental y vitalidad de sus ecosistemas. Con ellos se obtienen mediciones a escalas nacionales que ayudan a saber qué tan lejos o cerca se encuentran los países de los objetivos en relación con políticas ambientales. Aquí se obtienen niveles desde los mejores (100) hasta los más rezagados (0) en el tema ambiental, dando una guía para que los países que no alcanzan los objetivos puedan avanzar y lograr un futuro sostenible. Hablamos de información presentada en [Wendling et al. \(2020\)](#).



- Seguridad y paz (Índice de Paz Global) X_{12} . Con esta variable se obtiene la medición de la tranquilidad a partir de 23 indicadores a nivel cuantitativo y cualitativo en una escala del 1 al 5. El más tranquilo mostrará la puntuación de 1 y subirá esta puntuación hasta 5 si es un país violento y poco seguro. El Índice de Paz Global es clasificado con base en la seguridad social, protección, conflictos nacionales o bien internacionales existentes, así como el alcance de militarización. Lo anterior con el deseo de saber qué tan pacífico es un país. Esta medida es realizada por el Institute for Economics and Peace, en colaboración con expertos internacionales provenientes de institutos para la paz, think tanks y el Centre for Peace and Conflict Studies.
- Índice de Educación X_{13} . Indicador que proporciona el Instituto de Estadística de la UNESCO. Siendo éste el promedio de los años esperados de escolaridad de niños y los años promedio de escolaridad en adultos.

5. Transparencia de un gobierno.

- Disponibilidad de Información X_{14} . El “Government AI Readiness Index” (vea [University of Oxford \(2020\)](#)) proporciona este indicador que mide la capacidad de un país para brindar información y proporcionar los recursos necesarios para adquirirla, con relación a cuándo y dónde es requerida. Está medido en un rango de 0 como el más bajo y 100 como el más alto.
- Libertad de Expresión (World Press Freedom) X_{15} . Este indicador nos refiere el grado de aceptación en cuanto a la diferencia de opiniones, así como la independencia, respeto en la seguridad de los medios y libertad de quienes realizan el periodismo. Este es un componente muy importante porque se relaciona con la capacidad de un país para ejercer la libertad de expresión y respetarla, un derecho que debería ser mundial. Se califica con puntuación desde 0 hasta 100, siendo el primero la mejor puntuación y el segundo la peor puntuación. El indicador es proporcionado por Reporteros sin Fronteras (RSF), una ONG independiente reconocida como entidad consultiva por la Organización Internacional de la Francofonía, las Naciones Unidas, la UNESCO y el Consejo de

Europa.

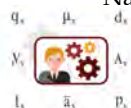
- Confianza Institucional (Institutional Trust) X_{16} . Aquí se puede hablar de varios factores como: la confianza en el gobierno nacional, el sistema judicial y los tribunales, así como la confianza en la honestidad en sus elecciones y la policía local. Todo esto se hace con la finalidad de saber cuándo un país alcanza un nivel bajo de confianza institucional, en comparación con el promedio. El indicador es obtenido del “World Happiness Index”, realizado por Gallup. Los patrocinadores institucionales incluyen la Red de Soluciones de Desarrollo Sostenible, el Centro de Desempeño Económico de la LSF, el Centro de Desarrollo Sostenible de la Universidad de Columbia, el Centro de Investigación de Bienestar en Oxford y la Escuela de Economía de Vancouver en UBC.

6. Indicadores económicos.

- PIB per cápita X_{17} . Es una medida macroeconómica de productividad y desarrollo con la cual se puede saber el rendimiento de las condiciones económicas y sociales, tomando en cuenta el crecimiento real y la fuerza laboral de un país. Es decir, este índice mide la relación entre la población y su nivel de renta, todo esto dividiendo el PIB de cada nación entre el número de habitantes. Los datos son obtenidos del Banco Mundial y de las cuentas nacionales de la OCDE.
- Coeficiente de Gini X_{18} . Es un indicador que muestra el nivel de desigualdad en los ingresos existentes dentro de un país. Un coeficiente igual a cero indicará que existe igualdad perfecta de ingresos, mientras que un coeficiente de uno indicará que hay una desigualdad perfecta de ingresos. Según el Banco Mundial en Grupo de Investigación para el Desarrollo, esta información que realizan agencias gubernamentales de estadística y departamentos de país se obtienen de encuestas en los hogares primarios.

Variables de respuesta o variables dependientes.

Esperanza de vida al nacer. Dado que se busca explicar la salud de una población, se eligió la esperanza de vida al nacer, la cual mide la cantidad de años que vivirá una determinada población. Es decir, la esperanza de vida es la medida más utilizada para determinar el estado de



salud de los ciudadanos. La importancia de esta variable se ve clara al entender que una vida larga y saludable es el mejor indicativo del desarrollo social de un país. En notación actuarial:

$$e_x = \frac{T_x}{l_x},$$

Esto es, el cociente entre el número de años esperados que vivirán los sobrevivientes a edad x , y el número de personas vivas en edad x .

Tasa de mortalidad infantil. Se seleccionó la tasa de mortalidad infantil, ya que es una medida clave para analizar las condiciones de salud, económicas, sociales y culturales en las que viven, no solo los niños, sino también toda una población. En otras palabras, la tasa de mortalidad infantil servirá como un gran apoyo para analizar el grado de desarrollo de una sociedad, al ser una de las medidas más útiles para observar la efectividad de la atención de salud de un país. Esto es, la proporción de defunciones en cierto período de bebés menores a un año de edad entre el número de nacidos durante el mismo período.

5. ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

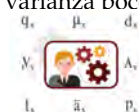
Para nuestro primer método estadístico, manejamos una base de datos de los siguientes 123 países de todo el mundo.

PAÍSES DE LA BASE DE DATOS		
Afganistán	Filipinas	Namibia
Albania	Finlandia	Nepal
Alemania	Francia	Nicaragua
Angola	Gabón	Níger
Arabia Saudita	Georgia	Nigeria
Argentina	Ghana	Noruega
Armenia	Grecia	Nueva Zelanda
Australia	Guatemala	Oman
Austria	Guayana	Países Bajos
Azerbaiyán	Guinea	Pakistán
Bahrein	Haití	Panamá
Bélgica	Honduras	Paraguay
Bielorrusia	Hungría	Perú
Bolivia	India	Polonia
Bosnia y Herzegovina	Indonesia	Portugal
Botsuana	Irak	Reino Unido
Brasil	Irlanda	República Dominicana
Bulgaria	Islandia	Ruanda
Burkina Faso.	Israel	Rumania
Burundi	Italia	Rusia
Camerún	Jamaica	Senegal
Canadá	Japón	Sierra Leone
Chad	Jordán	Singapur
Chile	Katar	Sri Lanka
China	Kazajstán	Sudáfrica
Chipre	Kenia	Sudán
Colombia	Kuwait	Suecia
Comoras	Lesoto	Suiza
Costa Rica	Letonia	Suriname
Croacia	Luxemburgo	Tailandia
Cuba	Madagascar	Tayikistán
Dinamarca	Malasia	Togo
Djibouti	Malawi	Trinidad y Tobago
Ecuador	Mali	Túnez
Egipto	Malta	Turkey
El Salvador	Marruecos	Uganda
Eslovenia	Mauritania	Uruguay
España	Mauritius	Uzbekistán
Estados Unidos	México	Vietnam
Estonia	Mongolia	Zambia
Etiopía	Mozambique	Zimbabue

Para poder realizar el análisis de regresión múltiple se debe clasificar cada una de las variables Y_1 (esperanza de vida al nacer) y Y_2 (tasa de mortalidad infantil) con respecto de las variables de pronóstico $X_1, \dots, X_{18}$ definidas previamente.

Análisis gráfico y matriz de correlación

Realizamos un análisis gráfico, cuyos resultados se aprecian en las Figuras 13 y 14. Con esto, se aprecia cierta relación lineal entre las variables dependientes con algunas variables independientes; sin embargo, tanto en el modelo 1 como en el modelo 2 se nota una varianza poco



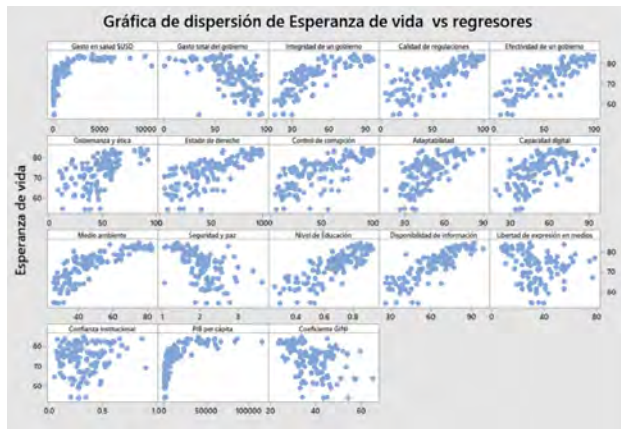


Figura 13 Gráficas de dispersión del modelo 1. Elaboración propia en Minitab a partir de datos recabados.

constante (heteroscedasticidad), lo cual podría explicar la falta de correlación en determinados valores. Es así, que esta observación se convierte en un punto muy relevante a considerar en los próximos análisis.

Finalmente, para poder identificar con mayor precisión la existencia o falta de relación entre los indicadores de salud y los regresores, se realiza un análisis de correlación como complemento del análisis gráfico. La matriz de correlación ayuda a encontrar con mayor facilidad aquellos elementos que no están altamente correlacionados y que al no estar bien definidos pudieran estar midiendo diferentes características. En otras palabras, con este análisis se detectarán aquellos valores que podrían ser eliminados (vea la Figura 15).

Esta matriz muestra de manera más visual las correlaciones entre variables. Es decir, las correlaciones positivas se representan con puntos de color azul y entre mayor es la intensidad del color, mayor es su correlación. Por el contrario, las correlaciones negativas son graficadas con puntos rojos y entre mayor sea la intensidad del color, más negativa es la correlación.

En la matriz se observa que las correlaciones de ambos modelos son diferentes, es decir, en el modelo 1 (esperanza de vida al nacer) existe un mayor número de variables con correlaciones positivas (puntos azules), mientras que en el modelo 2 (tasa de mortalidad infantil) existe un mayor número de variables con correlaciones negativas (puntos rojos). Por lo tanto, con este análisis se puede identificar que las características de un gobierno justo aumentan la esperanza de vida y disminuyen la tasa de

$$q_x, \mu_x, d_x$$

$$N_x, A_x$$

$$I_x, \bar{a}_x, p_x$$

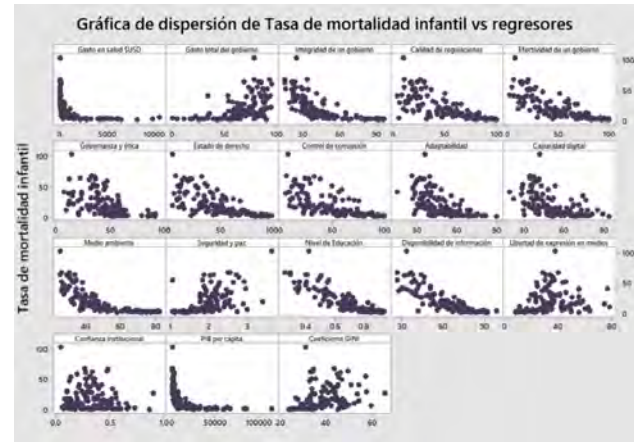


Figura 14 Gráficas de dispersión del modelo 2. Elaboración propia en Minitab a partir de datos recabados.

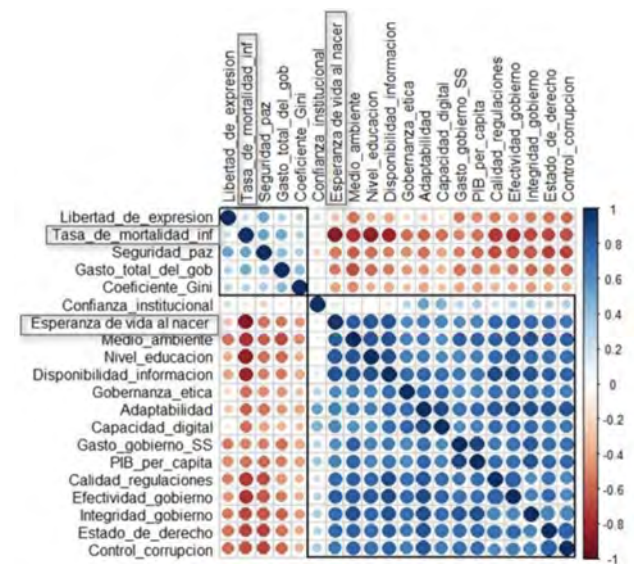


Figura 15 Matriz de correlación. Elaboración propia en RStudio a partir de datos recabados usando la librería corrrplot.

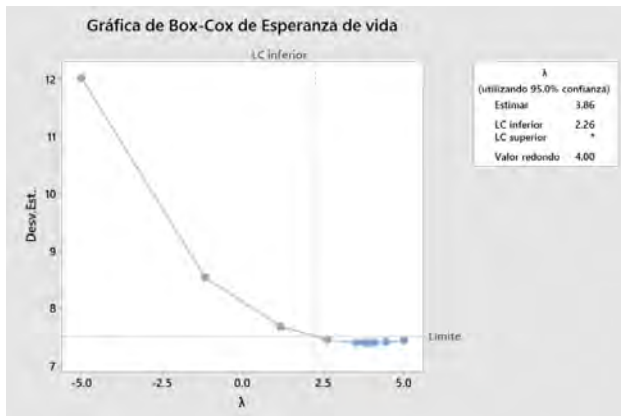


Figura 16 Transformación de Box-Cox de la esperanza de vida al nacer. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

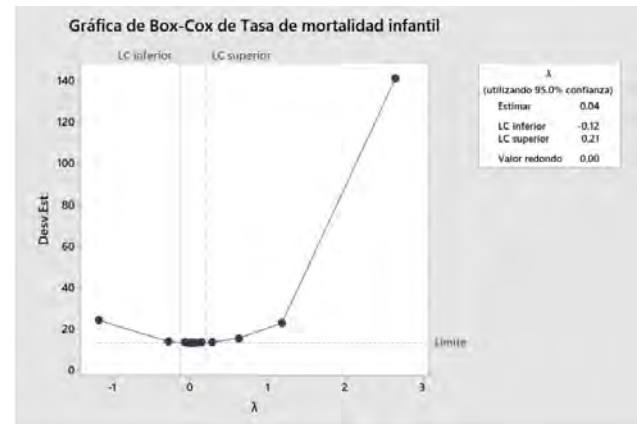


Figura 17 Transformación de Box-Cox de la tasa de mortalidad infantil. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

mortalidad infantil.

De igual forma, se aprecia un alto grado de correlación entre las variables dependientes con algunas de las variables independientes. Por ejemplo, la efectividad del gobierno y la esperanza de vida muestran una correlación alta y positiva, mientras que la correlación entre el nivel de seguridad y la esperanza de vida es negativa y cercana a -0.5. Por otro lado, la tasa de mortalidad infantil y el nivel de seguridad tienen una correlación positiva y alta; además, se observa que las variables independientes que se encuentran dentro de la misma categoría tienden a tener una correlación moderadamente alta.

Finalmente, los indicadores de confianza institucional y libertad de expresión muestran una correlación muy baja en ambos modelos, por lo que sería lógico eliminarlas. No obstante, es recomendable realizar un análisis de significancia para ver si lo mencionado se debe a la varianza poco constante o a una simple aleatoriedad.

Transformación Box-Cox

A través de la prueba Box-Cox (vea las Figuras 16 y 17) se confirma la heterocedasticidad encontrada anteriormente, por lo que se realizan las transformaciones

necesarias en ambos modelos³. Después de dichas transformaciones se puede comprobar (vea las Figuras 18-21) que tanto la variable dependiente como los regresores muestran una mejor relación lineal con varianza constante. Mejor dicho, utilizar el logaritmo para transformar las variables independientes del PIB per cápita y el gasto del gobierno en salud hace que la R^2 ajustada del primer modelo se incremente 0.91 puntos porcentuales, aumentando de 86.54 % a 87.45 %. En el caso del segundo modelo, R^2 aumenta de 90.62 % a 90.94 %, es decir, 0.32 puntos porcentuales. Estos aumentos son muy importantes, ya que R^2 indica en qué porcentaje las variables explican al modelo, por lo que usar estas transformaciones permite tener un modelo más preciso.

Con esta regresión se aprecia la relación que existe entre un gobierno justo con la esperanza de vida y la tasa de mortalidad infantil, dado que la mayoría de las variables tienen correlación lineal positiva y correlación lineal negativa respectivamente. Esto es lógico puesto que entre más justo sea el gobierno de una población mayor será su esperanza de vida y menor su tasa de mortalidad infantil. Sin embargo, únicamente cuatro de las variables tiene una correlación lineal negativa con respecto a la esperan-

³ En las Figuras 16 y 17 se aprecia que, ni en el modelo 1 ni en el modelo 2 se encuentra el número 1 dentro de los intervalos (2.26, ∞) y (-0.12, 0.21), respectivamente. Es por lo anterior que en la esperanza de vida al nacer (modelo 1) se utiliza el valor redondeado de $\lambda = 4$ para ajustar el modelo. Esto significa utilizar la cuarta potencia de la variable dependiente (Y_1^4); mientras que para la tasa de mortalidad infantil se utiliza el valor redondeado $\lambda = 0$, lo que significa utilizar el logaritmo de la variable dependiente.



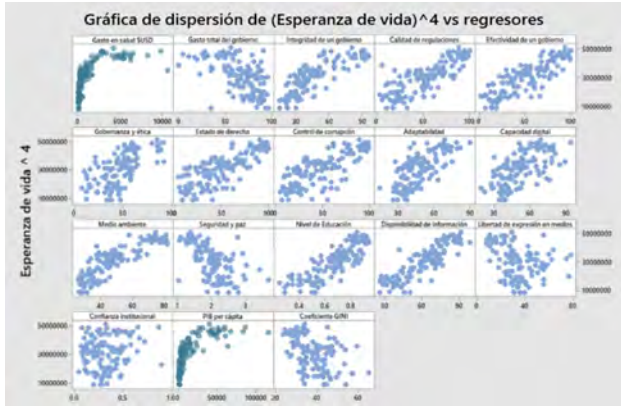


Figura 18 Gráficas de dispersión del modelo 1 con transformación Box-Cox en la variable dependiente. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

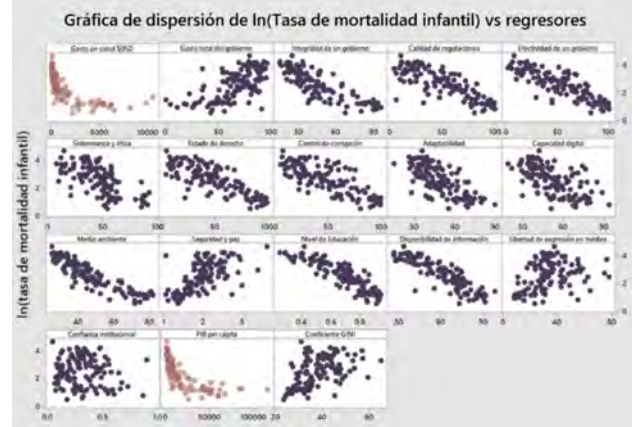


Figura 20 Gráficas de dispersión del modelo 2 con transformación Box-Cox en la variable dependiente. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

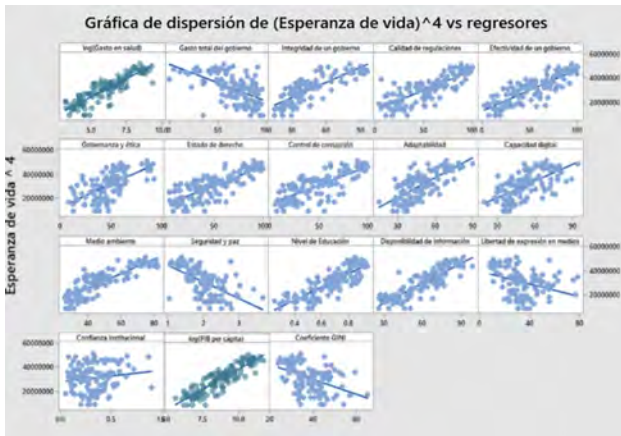


Figura 19 Gráficas de dispersión del modelo 1 con transformación Box-Cox en la variable dependiente y transformación logarítmica en las variables del PIB per cápita y gasto del gobierno en la salud. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

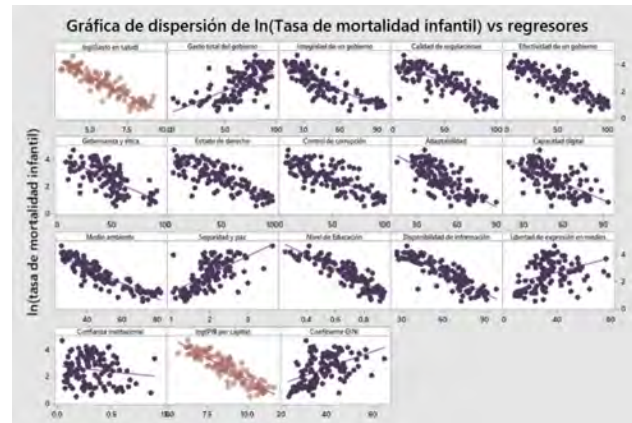


Figura 21 Gráficas de dispersión del modelo 2 con transformación Box-Cox en la variable dependiente y transformación logarítmica en las variables del PIB per cápita y gasto del gobierno en la salud. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.



za de vida y cuatro tienen una correlación lineal positiva con respecto a la tasa de mortalidad infantil y esto se debe al modo en el que se clasifican las puntuaciones de dichos indicadores. Es decir, una puntuación alta de la variable independiente ocasiona un decremento en la esperanza de vida y un incremento en la tasa de mortalidad infantil.

En resumen, en ambos modelos se puede apreciar una relación entre los regresores y los indicadores de salud que se están analizando. Sin embargo, a pesar de tener una posible propuesta de modelo, todavía se requiere calcular su significancia, pues, aunque muchas variables tengan una buena correlación, éstas podrían no estar aportando valor al modelo. Es decir, sólo si los p -valores son menores a 0.05 se podrá aceptar que existe correlación.

Propuesta del modelo

Con el fin de obtener un modelo aún más preciso, se hará uso de la técnica de selección llamada Backward Elimination o también conocida como Eliminación Hacia Atrás, la cual consiste en eliminar aquellas características que no tienen un efecto significativo sobre la variable dependiente o la predicción.

Como primer paso, este método buscará eliminar aquel indicador con mayor p -valor dentro del modelo. Una vez eliminado, se realizará como segundo paso un nuevo modelo en donde ya no se incluya el valor anulado y se buscará otra vez aquel regresor que tenga el mayor p -valor. Este proceso se repetirá hasta que todos los valores dentro del modelo sean menores a 0.05.

El p -valor es la probabilidad de que H_0 sea cierta.

- Si p - valor $> \alpha$ entonces no se rechaza H_0 .
- Si p - valor $< \alpha$ entonces se rechaza H_0 .

En nuestro trabajo, suponemos que $\alpha = 0.05$. Si el p -valor es grande, se dice que hay evidencia estadística suficiente que indica que los regresores no explican a la variable dependiente.

Se implementa el análisis Backward Elimination con una significancia de $\alpha = 5\%$. En este tipo de métodos iterativos el software Minitab determina, con base en α , cuáles regresores entran, o salen del modelo. Vea la Figura 22.

Esto redundo en la siguiente ecuación para la esperanza de vida al nacer:

$$e_0^4 = 9388950 + 1980710 \ln X_1 + 179244X_3 + 191621X_5 - 85289X_6 - 107598X_8 - 211072X_9 + 139845X_{11} - 3277277X_{12} + 149048X_{14} + 185368X_{15} - 132840X_{18}.$$

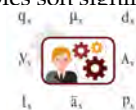
Figura 22 Eliminación hacia atrás con una significancia del 5 % para el modelo 1. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

Término	EE del			
	Coef	coef.	Valor T	Valor p
Constante	9388950	4458325	2.11	0.037
log(Gasto en salud)	1980710	740316	2.68	0.009
Integridad de un gobierno	179244	63597	2.82	0.006
Efectividad de un gobierno	191621	51546	3.72	0.000
Gobernanza y ética	-85289	35412	-2.41	0.018
Control de corrupción	-107598	47165	-2.28	0.024
Adaptabilidad	-211072	68348	-3.09	0.003
Medio ambiente	139845	67012	2.09	0.039
Seguridad y paz	-3277277	1126626	-2.91	0.004
Disponibilidad de información	149048	61191	2.44	0.016
Libertad de expresión en medios	185368	36085	5.14	0.000
Coefficiente GINI	-132840	53689	-2.47	0.015

Figura 23 Análisis de varianza para el modelo 1. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

Como puede apreciarse en la Figura 22, al aplicar la eliminación hacia atrás, se quitan del modelo las variables con menor significancia (la confianza institucional, el PIB per cápita, la calidad de regulaciones, la capacidad digital, el nivel de educación, el estado de derecho y el gasto total del gobierno, en ese orden). Es importante mencionar que algunos de los indicadores que mostraban una alta relación lineal con la esperanza de vida en el análisis gráfico no fueron elegidos. Con esto se demuestra la importancia de realizar un análisis de significancia, puesto que un alto grado de correlación no garantiza que una variable aporte valor al modelo.

Es fácil ver que el nuevo modelo de regresión explica en un 87.72 % la esperanza de vida al nacer de un país respecto a los once indicadores del modelo (vea la Figura 23). Además, se observa que todos los p -valores son menores a α , lo que muestra que las variables son signifi-



	Paso 1		Paso 2		Paso 3		Paso 4		Paso 5		Paso 6		Paso 7	
Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef
Constante	4.508		4.505		4.475		4.429		4.401		4.338		4.328	
log(Gasto en salud)	-0.185	0.00	-0.185	0.00	-0.175	0.00	-0.168	0.00	-0.160	0.00	-0.149	0.00	-0.140	0.00
Efectividad de un gobierno	-0.0043	0.88	-0.0044	0.87	-0.0045	0.86	-0.0046	0.85	-0.0047	0.84	-0.0048	0.83	-0.0049	0.82
Integridad de un gobierno	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Calidad de regulaciones	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Gasto total del gobierno	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Adaptabilidad	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Capacidad digital	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Medio ambiente	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Seguridad y paz	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Nivel de Educación	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Disponibilidad de información	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Libertad de expresión en medios	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Confianza institucional	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
log(PIB per cápita)	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20
Coefficiente GINI	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20	-0.0047	0.20

Figura 24 Eliminación hacia atrás con una significancia del 5 % para el modelo 2 (parte 1). Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

cativas y no hay necesidad de eliminar otra. El método de Backward Elimination hace que R^2 ajustada aumente 0.37 puntos porcentuales, mejorando así el modelo “original”.

Modelamos la tasa de mortalidad infantil mediante:

$$\ln(\text{Tasa de mortalidad infantil}) = 4.532 - 0.2098 \ln X_1 - 0.01435 X_5 + 0.01754 X_9 - 0.01825 X_{11} + 0.2216 X_{12} - 0.893 X_{13} - 0.01366 X_{15} + 0.01796 X_{18}.$$

Al aplicar la eliminación hacia atrás se quitan del modelo las variables de calidad de regulaciones, gasto total del gobierno, PIB per cápita, control de corrupción, confianza institucional, disponibilidad de información, Estado de Derecho, capacidad digital, gobernanza y ética e integridad de un gobierno, en ese orden (Vea las Figuras 24 y 25).

El nuevo modelo de regresión explica en un 91.09 % la tasa de mortalidad infantil de un país respecto a los ocho indicadores del modelo (Vea la Figura 26). Además, se observa que todos los p -valores son menores a α , lo que muestra que las variables son significativas y no hay necesidad de eliminar otra variable independiente. El método de Backward Elimination hace que R^2 ajustada aumente 0.15 puntos porcentuales, mejorando el modelo “original”.

6. ANÁLISIS RESIDUAL

Los residuales son la diferencia entre los valores observados de la variable dependiente y los valores ajustados, entonces son estimaciones de los términos de error. Para asegurar que el modelo fuera adecuado, comprobamos que los supuestos siguientes se cumplieran.

1. Prueba de error puro y falta de ajuste



	Paso 8		Paso 9		Paso 10		Paso 11	
Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef
Constante	4.517		4.566		4.512		4.532	
log(Gasto en salud)	-0.1854	0.005	-0.1716	0.003	-0.185	0.001	-0.2098	0
Efectividad de un gobierno	-0.0078	0.065	-0.00766	0.07	-0.00674	0.106		
Calidad de regulaciones	-0.0137	0	-0.01373	0	-0.0133	0	-0.01435	0
Gobernanza y ética	0.00438	0.115	0.00332	0.202				
Estado de derecho								
Control de corrupción								
Adaptabilidad	0.02432	0	0.02003	0	0.02151	0	0.01754	0
Capacidad digital	-0.005	0.267						
Medio ambiente	-0.0194	0	-0.0185	0	-0.01717	0.001	-0.01825	0
Seguridad y paz	0.239	0.005	0.22	0.008	0.2213	0.007	0.2216	0.008
Nivel de Educación	-0.964	0.012	-0.986	0.01	-0.998	0.014	-0.893	0.02
Disponibilidad de información								
Libertad de expresión en medios	-0.0156	0	-0.01592	0	-0.01511	0	-0.01366	0
Confianza institucional								
log(PIB per cápita)								
Coefficiente GINI	0.0163	0	0.01639	0	0.01712	0	0.01796	0
S		0.306336		0.30667		0.3075		0.30977
R-cuad.		92.07%		91.99%		91.87%		91.68%
R-cuad. (ajustado)		91.29%		91.27%		91.22%		91.09%
Cp de Mallows		7.74		6.94		7.1		7.1
AIC		74.74		73.6		72.94		73.38
BIC		107.95		104.51		101.5		99.54

Figura 25 Eliminación hacia atrás con una significancia del 5 % para el modelo 2 (parte 2). Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

Término	EE del			
	Coef	coef.	Valor T	Valor p
Constante	4.532	0.345	13.15	0.000
log(Gasto en salud)	-0.2098	0.0545	-3.85	0.000
Efectividad de un gobierno	-0.01435	0.00345	-4.16	0.000
Adaptabilidad	0.01754	0.00470	3.73	0.000
Medio ambiente	-0.01825	0.00503	-3.63	0.000
Seguridad y paz	0.2216	0.0817	2.71	0.008
Nivel de Educación	-0.893	0.379	-2.35	0.020
Libertad de expresión en medios	-0.01366	0.00253	-5.39	0.000
Coefficiente GINI	0.01796	0.00407	4.41	0.000

Figura 26 Análisis de varianza para el modelo 2. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

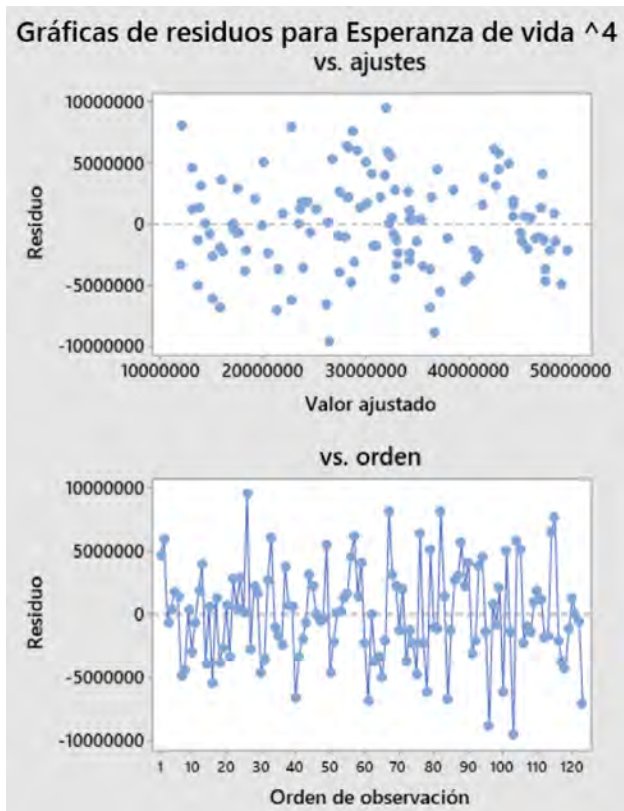


Figura 27 Gráficas de residuos del modelo 1. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

2. Valor esperado de los errores es cero (i.e. $\mathbb{E}[\varepsilon] = 0$)
3. Homocedasticidad o varianza constante. Vea las Figuras 27-30. Dado que $\lambda = 1$ está contenido en el intervalo de confianza de la prueba del modelo 1: (0.62, 1.21), y del modelo 2: (0.80, 1.57), es posible no rechazar la hipótesis nula de que la varianza de los residuales es constante e inferir que la homocedasticidad está realmente presente, lo que confirma la inferencia gráfica. A su vez, esta prueba indica que no es necesario realizar ninguna transformación.
4. Supuesto de independencia (i.e. $H_0 : \text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$).
5. Supuesto de no multicolinealidad. Según la Figura 31, todos los valores de los VIF de los regresores son

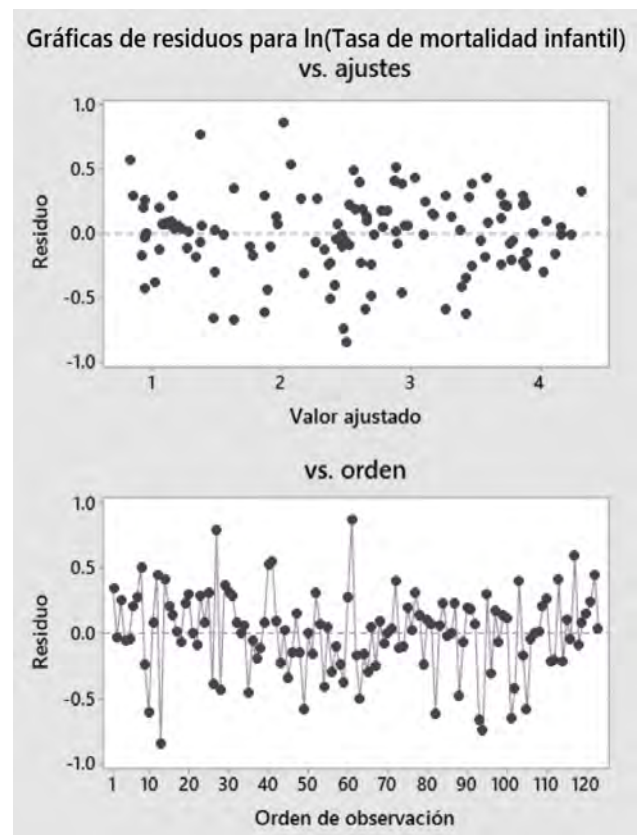


Figura 28 Gráficas de residuos del modelo 2. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.



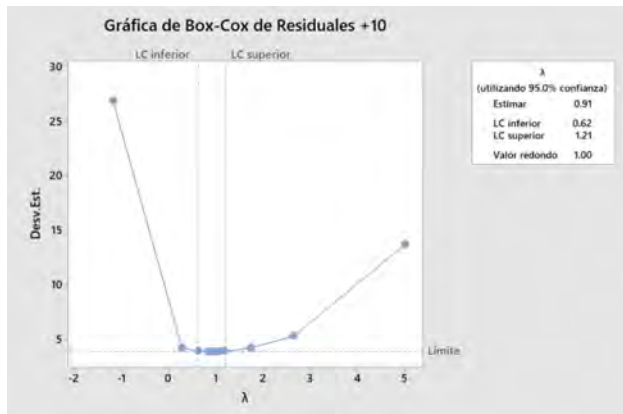


Figura 29 Transformación Box-Cox de los residuos del modelo 1. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

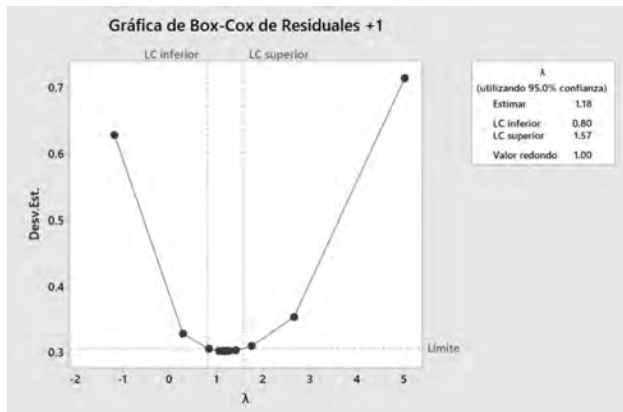


Figura 30 Transformación Box-Cox de los residuos del modelo 2. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.



Término	FIV	Término	FIV
Constante		Constante	
log(Gasto en salud)	11.87	log(Gasto en salud)	10.62
Integridad de un gobierno	15.95	Efectividad de un gobierno	12.06
Efectividad de un gobierno	16.26	Adaptabilidad	6.24
Gobernanza y ética	3.55	Medio ambiente	8.77
Control de corrupción	13.73	Seguridad y paz	1.93
Adaptabilidad	7.99	Nivel de Educación	5.79
Medio ambiente	9.43	Libertad de expresión en medios	1.81
Seguridad y paz	2.22	Coefficiente GINI	1.46
Disponibilidad de información	9.41		
Libertad de expresión en medios	2.23		
Coefficiente GINI	1.54		

Figura 31 FIV de los modelos 1 y 2. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

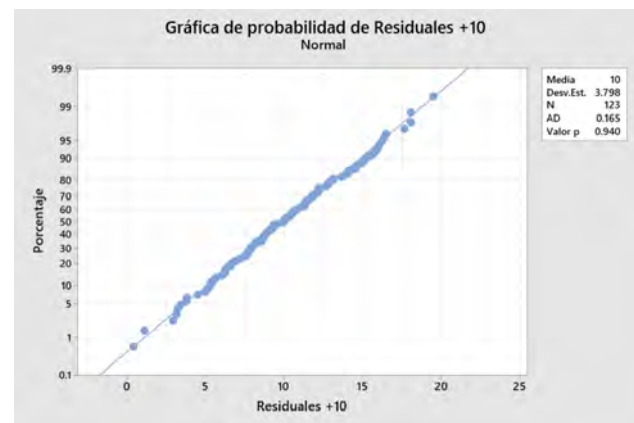


Figura 32 PP-plot de los residuos del modelo 1. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

menores de 20, por ello el supuesto de no multicolinealidad se cumple para los dos modelos.

- Normalidad de los residuos empleados "Probability Plot". Observe las Figuras 32-35. El p -valor obtenido en la prueba del modelo 1 fue de 0.940, y del modelo 2 fue de 0.519. En ambos casos los p -valores fueron mayores a α con valor de 0.05. Por lo tanto, se puede decir que el supuesto de normalidad en el comportamiento de los datos se cumple en los dos modelos.

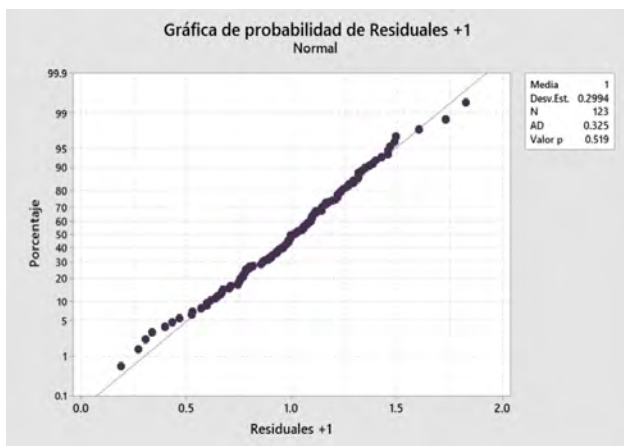


Figura 33 PP-plot de los residuales del modelo 2. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

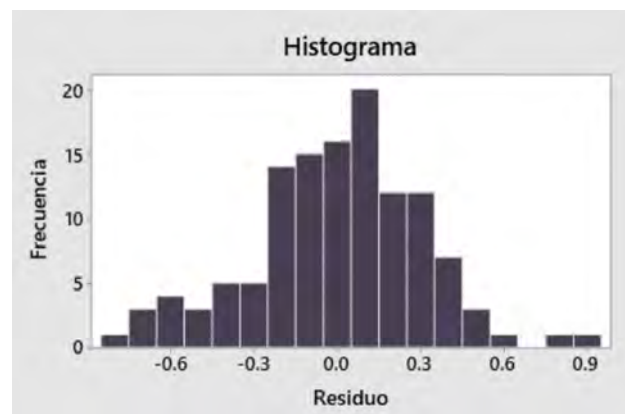


Figura 35 Histograma de los residuales del modelo 2. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

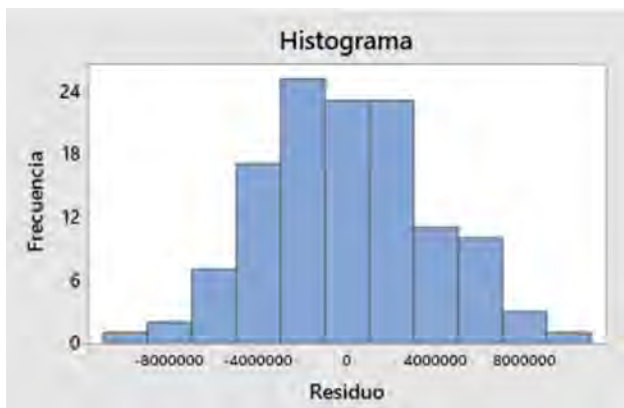


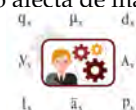
Figura 34 Histograma de los residuales del modelo 1. Elaboración propia en Minitab a partir de los datos recabados.

7. COMPARACIONES DE VARIABLES ENTRE LOS DOS MODELOS

Observe la Figura 36. Se puede notar que en los dos modelos hay por lo menos una variable por categoría que es significativa para explicar la variable dependiente. Lo que indica la importancia de tener un gobierno justo para mejorar la salud de una población. Tanto la esperanza de vida como la tasa de mortalidad infantil se ven impactadas por el gasto del gobierno en el sector de salud, la efectividad de un gobierno, el nivel de seguridad y paz en el país, la libertad de expresión en los medios y el coeficiente de GINI. Sorprendentemente, ni el gasto total del gobierno ni el PIB per cápita resultaron regresores de alguna de las dos variables dependientes. Por eso, se puede decir que los países que se enfocan únicamente en aumentar el PIB no encontrarán suficientes respuestas para elevar la salud de su población. De hecho, se ha comprobado que un país con un elevado PIB no necesariamente tiene una mejor salud en sus habitantes.

En lo que se refiere al gasto del gobierno en la salud, en los dos modelos se observa la importancia de invertir en este sector para brindar los mejores servicios sanitarios en una población. Sin embargo, es necesario aclarar que para que este indicador tenga efecto, se deben tomar en cuenta los demás indicadores obtenidos. La gran desigualdad, la violencia y la poca transparencia y ética, provocan que el gasto en salud no sea suficiente para tener una alta esperanza de vida y una baja tasa de mortalidad infantil.

Por otro lado, la calidad de un gobierno afecta de ma-



		MODELO 1	MODELO 2
		Y1: Esperanza de vida al nacer	Y2: Tasa de mortalidad infantil
Categoría	APORTACIÓN MONETARIA DEL GOBIERNO	X1: Log (Gasto corriente del gobierno en el sector salud per cápita (USD))	X1
		X2: Gasto total del gobierno	
	CALIDAD DE UN GOBIERNO	X3: Integridad del gobierno	X3
		X4: Calidad de regulaciones	
		X5: Efectividad del gobierno	X5
		X6: Gobernanza y ética	
		X7: Estado de derecho	
		X8: Control de la corrupción	X8
	CAPACIDAD DE RESPUESTA DE UN GOBIERNO	X9: Adaptabilidad	X9
		X10: Capacidad digital	
	RESPONSABILIDAD DE UN GOBIERNO	X11: Medio ambiente	X11
		X12: Seguridad y paz	X12
		X13: Nivel de educación	X13
	TRANSPARENCIA DE UN GOBIERNO	X14: Disponibilidad de información	X14
		X15: Libertad de expresión en medios	X15
		X16: Confianza institucional	
	VARIABLES ECONÓMICAS	X17: PIB per cápita	
		X18: Coeficiente GINI	X18

Figura 36 Comparaciones de los datos obtenidos a partir de los dos modelos.

nera significativa a la esperanza de vida al nacer, pero no a la tasa de mortalidad infantil, siendo la efectividad del gobierno el único indicador dentro de esta categoría que tiene un impacto sobre las dos variables dependientes. Dicho esto, es lógico pensar que la efectividad del gobierno sea indispensable para ambos indicadores, dado que la calidad de los servicios públicos, la implementación de políticas y la credibilidad del compromiso del gobierno, impulsan a las naciones a ver más allá de las inversiones monetarias. Es decir, hasta que exista una alta efectividad en los servicios públicos para todos los habitantes se podrá elevar la esperanza de vida y disminuir la tasa de mortalidad infantil.

La integridad, por su parte, toma mayor relevancia en la esperanza de vida, ya que quienes realizan políticas en torno al bienestar de su población tienen indudablemente vidas más largas.

En cuanto a la categoría de capacidad de respuesta, la pandemia ha puesto al descubierto el rol tan esencial que tiene la variable de adaptabilidad para evitar un elevado número de muertes. Esto quiere decir que afrontar con rapidez las crisis que se presentan, da la oportunidad de tomar decisiones más eficientes para mejorar los dos indicadores de salud. Como dijo Charles Darwin: “No es la especie más fuerte la que sobrevive, ni la más inteligente. Es el que más se adapta al cambio”.

Asimismo, las tres variables dentro de la categoría de responsabilidad de un gobierno resultan ser regresores de la tasa de mortalidad infantil y solo dos de la esperanza de vida al nacer. Los factores ambientales como, la calidad del aire que se respira y el cambio climático,



han evolucionado con el tiempo debido a las acciones del hombre, causando mayor exposición a enfermedades, mayores afectaciones en la aptitud física de las personas y otros aspectos importantes que alteran el bienestar humano. Además, de acuerdo con [Morello-Frosch et al. \(2010\)](#), las malas condiciones ambientales ocasionan partos prematuros, bajo peso y defectos en los recién nacidos que aumentan la mortalidad infantil. Es por todo lo anterior que las políticas ambientales requieren de la colaboración de los gobiernos y de las inversiones necesarias para poder enfrentar los retos. Los desafíos políticos causados por las diferencias en los niveles de desarrollo y los distintos intereses de los países son una realidad, por lo que llegar a acuerdos en beneficio de la humanidad se hace aún más indispensable.

La seguridad y paz es la segunda variable dentro de esta categoría que impacta significativamente a los dos indicadores de salud. Esta variable indica que los gobiernos interesados en disminuir el nivel de violencia ayudan a mejorar la mortalidad de la población, así como la salud a corto y largo plazo. La exposición al crimen y violencia provoca estrés, angustia y miedo por la inseguridad, aumentando las muertes prematuras. De hecho, en [Piedad \(2018\)](#), se comprueba que los bebés que nacen durante épocas violentas tienen una tasa de mortalidad infantil mayor que los nacidos en tiempos más pacíficos.

El nivel de educación es la última variable de la categoría de responsabilidad de un gobierno. Esta variable impacta únicamente a la tasa de mortalidad infantil ya que, a mayor nivel de educación de la madre, mayor serán los conocimientos que se tengan sobre los recursos existentes para la salud infantil. Por lo tanto, tener una buena educación permite aprovechar de mejor manera el sistema de atención sanitaria, causando una disminución en la tasa de mortalidad infantil.

En cuanto a la categoría de transparencia de un gobierno, la disponibilidad de información en una población afecta a la esperanza de vida; por lo tanto, tener información precisa sobre las amenazas que un país pueda enfrentar, ayuda a mejorar este indicador de salud. En la pandemia se vio claro lo indispensable que es considerar este punto para evitar contagios y proteger a los ciudadanos. Por eso, los gobiernos deberían poner mayor interés en proporcionar información confiable y de fácil acceso, incluso para aquellos que no tengan Internet. De esta manera las personas podrían tener una vida más larga y saludable con información que esté a su alcance.

Para finalizar el análisis, cabe destacar que los dos indicadores de salud tienen un efecto directo con el coeficiente Gini. Según la Agencia France-Presse (2017), la

Variables que comparten EVN y TMI	México	Nueva Zelanda	Estados Unidos
Gasto corriente en el sistema de salud per cápita (\$USD)	520	4037	10624
Efectividad del gobierno	46.15	92.79	87.02
Adaptabilidad	40.18	71.62	75.24
Medio Ambiente	52.6	71.3	69.3
Seguridad y paz	2.571	1.243	2.27
Libertad de expresión	45.45	10.69	23.85
Coefficiente de Gini	47.5	34.1	47.51
Variables que sólo incluye la EVN			
Integridad del gobierno	36.7	93.9	77.2
Control de la corrupción	21.63	98.56	82.69
Disponibilidad de información	75.68	90.96	89.55
Variables que sólo incluye la TMI			
Nivel de educación	0.703	0.926	0.9

Figura 37 Comparaciones con los valores de los países seleccionados.

desigualdad económica puede afectar a la población en la esperanza de vida, la mortalidad infantil e incluso la obesidad. Es una lamentable realidad que científicos y epidemiólogos hayan concluido que la mala salud, la pobreza y la desigualdad afecten de forma negativa a toda una población, incluso a los más ricos. De hecho, de acuerdo con Rowlingson (2011), se ha descubierto que el impacto en la reducción de la cohesión social provoca un mayor estrés e inseguridad en todos los sentidos, así como un fuerte sentimiento de miedo.

8. COMPARACIONES ENTRE PAÍSES

Variables en común entre los modelos

A continuación, se hace una comparación a detalle utilizando tres países de la base de datos: México, Estados Unidos y Nueva Zelanda.

Para entender de mejor manera las comparaciones que se harán más adelante, es fundamental recordar los valores de los dos indicadores demográficos de salud para cada uno de estos países. La esperanza de vida al nacer para México, Nueva Zelanda y Estados Unidos en el 2020 fueron de 75.15, 82 y 77.3 años respectivamente, mientras que la tasa de mortalidad infantil en el 2020 fue de 13.02, 3.53 y 5.28 defunciones por cada mil nacidos respectivamente. En la tabla de la Figura 37 se pueden apreciar las comparaciones de las variables que resultaron significativas para los modelos y se comparan con los datos actuales de los determinados países. Aquellos países con el mayor puntaje en los recuadros azules y menor puntaje en los recuadros color violeta muestran un gobierno justo que sigue los estándares correctos, mientras que los puntajes más bajos en los recuadros azules y mayores puntajes en los recuadros violeta indican que se debe hacer un cambio para mejorar estos indicadores, pues estas son las poblaciones que tienen un gobierno poco justo y

efectivo, afectando a la salud de sus ciudadanos como consecuencia.

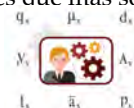
Nueva Zelanda destaca como el mejor país entre los tres, ya que en la mayoría de sus indicadores cuenta con los mejores puntajes. Esto explica su elevada esperanza de vida al nacer y su baja tasa de mortalidad infantil en comparación con los otros dos países.

Por otro lado, a pesar de que Estados Unidos es uno de los países más desarrollados, muestra diferencias claras con Nueva Zelanda en cuanto a la salud de su población. Una de las diferencias más notables es en los gastos en el sistema de salud, siendo la cifra de EE.UU. más del doble que la cifra de Nueva Zelanda. De aquí se infiere que las elevadas inversiones en salud no garantizan una población más saludable y se confirma que la efectividad del sistema de salud es igual de importante o hasta más importante que el gasto empleado.

Uno de los contrastes más alarmantes que se observan es la diferencia en la esperanza de vida de Estados Unidos con respecto a países con mercados emergentes, como lo es México. Es decir, la discrepancia entre la esperanza de vida de EE.UU. con Nueva Zelanda es mucho mayor a la de EE.UU. con México, siendo de 4.7 y 2.15 años respectivamente. Por lo tanto, es importante que el gobierno estadounidense analice qué está haciendo diferente a otras economías avanzadas con mejores indicadores de salud y empiece a implementar estrategias inteligentes. No se trata de buscar el bienestar de los ciudadanos únicamente con altas inversiones en salud sino también de buscar un equilibrio entre todos los demás indicadores; pues, en tanto exista igualdad para todos los habitantes, se podrá elevar su esperanza de vida y disminuir la mortalidad infantil.

Asimismo, es claro que el control de la corrupción toma un papel muy importante, dado que en Nueva Zelanda es el indicador más elevado dentro de todas las variables y para México el más bajo, teniendo una diferencia entre los dos países de 77 puntos. Esta diferencia, al ser muy alta, se convierte en clave para comprender el contraste de salud entre estos dos países. Lamentablemente, los indicadores de México tienen los peores puntajes y en donde se nota más esta diferencia es en los indicadores de integridad de un gobierno, con una diferencia de 57 puntos y 41 puntos con respecto a Nueva Zelanda y Estados Unidos respectivamente; efectividad de gobierno, con una diferencia de 47 y 41 puntos; y finalmente, libertad de expresión con una diferencia de 35 puntos con Nueva Zelanda y 22 puntos con Estados Unidos.

Por otra parte, una de las observaciones que más so-



bresalen dentro de la comparación, es Estados Unidos, ya que a pesar de ser un país desarrollado únicamente tiene dos indicadores que destacan y uno de ellos de manera preocupante (coeficiente Gini). El primero es el indicador de adaptabilidad, el valor alto de este tiene sentido ya que, según U.S. News (2021), EE.UU es considerado el cuarto país en tener la mayor experiencia tecnológica, estando por debajo de China, lo que le permite adaptarse con mayor facilidad al cambio. El segundo, el coeficiente de Gini, es el indicador con el puntaje más alarmante para este país porque se encuentra a la par con México, un país en vías de desarrollo. Es por esto por lo que Estados Unidos debe buscar estrategias para disminuir la desigualdad salarial entre los ciudadanos.

De igual forma, Estados Unidos está por debajo de Nueva Zelanda en integridad por 16.7 puntos y en control de corrupción por 15.8 puntos. Entonces, a pesar de ser un país primermundista, está muy lejos de alcanzar los niveles éticos de países como Nueva Zelanda, Canadá, Dinamarca, y Suecia. Definitivamente, el gobierno estadounidense necesita ver primero por los intereses de los ciudadanos antes que los propios.

En resumen, es a partir de este análisis que se puede concluir que existen pilares de un gobierno que son de vital importancia en las decisiones de una población, por lo que los países que no tienen conocimiento sobre los puntajes de sus indicadores pueden estar afectando la salud de sus ciudadanos. Las variables dependientes de cada modelo tienen el potencial de ser aumentadas o disminuidas según las prioridades de los gobiernos y las acciones que tomen. Por lo tanto, los países deben de tener claro sus objetivos para lograr en la medida de lo posible un adecuado análisis y un buen manejo de sus indicadores.

9. PROYECCIONES

A continuación, utilizando los modelos encontrados, se hace una predicción en Minitab de la tasa de mortalidad infantil y la esperanza de vida al nacer para cada uno de los tres países. Además, hacemos una predicción utilizando supuestos o propuestas, las cuales se basaron en la información concluida en las comparaciones. Todo esto con el fin de analizar el impacto que podría tener una población si un gobierno es más justo y efectivo. En la tabla de la Figura 38 se observa una ligera discrepancia entre el valor obtenido y el valor real, pero también es significativamente cercano al valor real gracias a que se cumple con todos los supuestos y a que su R^2 ajustada es de 87.72 %. De igual forma, se observa que la espe-



	México	Nueva Zelanda	Estados Unidos
EVN Real (años)	75.15	82	77.3
EVN Obtenida (años)	76.49	82.52	79.17
Intervalo de cofianza del 95%	(75.10, 77.82)	(81.45, 83.59)	(77.25, 80.87)

Figura 38 EVN real y EVN proyección, sustituyendo los valores de los tres países. Obtenida con minitab con la ecuación final del modelo 1.

	México	Nueva Zelanda	Estados Unidos
TMI Real (defunciones por c/1,000 nacidos)	13.02	3.53	5.28
TMI Obtenida (defunciones por c/1,000 nacidos)	11.9	3.77	5.05
Intervalo de cofianza del 95%	(10.25, 13.82)	(3.31, 4.30)	(3.99, 6.39)

Figura 39 TMI real y TMI proyección, sustituyendo los valores de los tres países. Obtenida con minitab con la ecuación final del modelo 2.

ranza de vida real de México, de Nueva Zelanda y de EEUUAA se encuentran en el intervalo de confianza al 95 % en los respectivos países. En la tabla de la Figura 39 se observa que el puntaje no es exacto, sin embargo, es significativamente cercano al valor real debido a que cumple con todos los supuestos y a que su R^2 ajustada es del 91.09 %. De igual forma, se observa que la tasa de mortalidad infantil real de México, de Nueva Zelanda y de EEUUAA se encuentran en el intervalo de confianza del 95 % en los respectivos países.

10. PROPUESTAS

Para poder dar propuestas adecuadas, es importante que se definan metas que se ajusten a los determinados países, pues no se pueden dar los mismos objetivos a países en vías de desarrollo que a países que tienen la capacidad y los recursos para alcanzar mejores puntuaciones. Por eso, para efectos de este trabajo, se eligen los indicadores de salud de Chile como meta para México. Este país sudamericano en vías de desarrollo ha sido reconocido a nivel mundial por su crecimiento económico en la última década, reduciendo sus niveles de pobreza. De hecho, Chile es considerado por muchos como un modelo en América Latina en cuanto a transparencia política y financiera (vea [Banco Santander \(2021\)](#)). La esperanza de vida al nacer de Chile es de 80.18 años, cercano al de muchos países desarrollados, y una tasa de mortalidad infantil de 6.17, es decir, 7 defunciones por cada mil nacidos.

Por otra parte, como objetivo para Nueva Zelanda se

eligen los indicadores de salud de Australia debido a que comparten muchas características. Ambos países fueron colonias de Gran Bretaña al mismo tiempo, además los dos son naciones insulares ubicadas en el Pacífico Sur en Oceanía, por lo que muchos de sus ciudadanos tienen características anatómicas similares; algo muy importante a considerar cuando se analiza la salud de una población. Los dos puntos mencionados sobre las naciones hermanas también crean semejanzas en su cultura, la cual afecta de manera importante a las creencias y prioridades en una población y en su gobierno. No obstante, a pesar de estas similitudes, Nueva Zelanda tiene una salud más baja que Australia. La meta propuesta para el gobierno de Nueva Zelanda será llegar a la esperanza de vida al nacer y a la tasa de mortalidad infantil de Australia de 83.44 años y 3.13 respectivamente.

Finalmente, para Estados Unidos la meta que se quiere alcanzar es la de Canadá ya que los sistemas de salud de estos dos países tienen muchas similitudes, pero Canadá tiene mayor esperanza de vida al nacer y menor tasa de mortalidad infantil. Siendo su esperanza de vida de 82.43 años y su tasa de mortalidad infantil es de 4.29, es decir, 5 defunciones por cada mil nacidos. Ambos sistemas tienen como factor importante la protección del consumidor y, además, promueven y reconocen la competencia en la industria para asegurar calidad e incentivar la innovación. Sin embargo, hay ciertas diferencias en la manera en la que los gobiernos de estos países ofrecen acceso a los sistemas de salud, por ejemplo, en EEUU cada individuo se hace cargo de fondear su propio seguro, mientras que el gobierno canadiense proporciona apoyo al fondo del seguro de cada ciudadano. El tipo de siniestros que cubre el seguro médico, la función del proveedor de atención primaria y el rol de las empresas privadas también son diferentes en ambos sistemas de salud.

Propuesta para la esperanza de vida al nacer Ahora presentamos los cambios realizados en las variables de cada país para cumplir los objetivos establecidos previamente. Para esto, en las columnas con nombre “+/-” se muestran las propuestas finales de cuánto debe ser disminuido o aumentado cada indicador para mejorar la salud de una población. Es importante mencionar que los tres indicadores (Coeficiente Gini, Libertad de expresión y Seguridad y paz) tienen los puntajes al revés, por lo que puntuaciones bajas indican que el país está bien posicionado; por lo tanto, una buena propuesta tendría una disminución en estos valores.

Como se puede observar en la tabla de la Figura 40, para que México logre obtener la esperanza de vida de

	+/-	México	+/-	Nueva Zelanda	+/-	Estados Unidos
Gasto corriente en el sistema de salud per cápita(SUS)	3.82	1111	21.83	4062.85	3401	5023
Efectividad del gobierno	11.706	57.86	2.73	95.02	7.32	94.34
Adaptabilidad	0.00	40.18	4.52	71.10	0.00	75.24
Medio Ambiente	-2.54	50.06	4.47	75.77	8.47	75.77
Seguridad y paz	-0.002	2.27	0.00	1.38	0.00	1.23
Libertad de expresión	0.00	65.45	0.00	10.69	0.00	23.85
Coeficiente de Gini	10.22	36.78	-0.21	33.89	-12.32	34.30
Integridad del gobierno	1.51	42.21	3.15	96.05	2.00	79.50
Control de la corrupción	0.00	21.63	0.00	98.56	0.00	82.69
Disponibilidad de información	1.97	77.65	1.68	92.64	0.13	92.70
Gobernanza y ética	0.00	52.38	0.00	61.01	0.00	92.66
Esperanza de vida al nacer	3.68	80.18	0.89	83.44	3.25	82.43
IC 95%		[78.88-82.42]		[82.3-84.53]		[81.37-83.45]

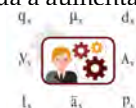
Figura 40 Propuesta para mejorar la EVN de México, Nueva Zelanda y Estados Unidos.

Chile, debe aumentar y disminuir muchos indicadores, sin embargo, en los que más se debe enfocar es en la efectividad de un gobierno.

La efectividad del gobierno debe ser un factor que debe mejorar por lo menos 11.706 puntos, pues un país eficaz podrá tomar medidas más adecuadas y por ende tener una mejor salud. Por otro lado, el coeficiente Gini es un indicador que no se debe dejar atrás si se quiere llegar a la meta. Con los cambios mencionados en la tabla, México podrá aumentar su esperanza de vida aproximadamente 3.68 años. Es importante destacar que los datos concuerdan con lo que se observó en las comparaciones que se hicieron sobre los países, pues las variables resaltadas fueron las que mayor diferencia tenía México con las otras dos poblaciones.

En cuanto a Nueva Zelanda, se observan muchos menos cambios que en el caso de México debido a que, como ya se había mencionado anteriormente, es un país con un gobierno efectivo, por lo que los cambios necesarios son mínimos. Algo que puede llamar la atención de este país es que, en la propuesta, el código arroja una disminución de la adaptabilidad, lo que significa que la adaptabilidad no es un factor indispensable para que el país aumente la esperanza de vida. Es decir, el gobierno de Nueva Zelanda puede incluso tener una pequeña reducción en el puntaje de este indicador dado que se encuentra en una posición satisfactoria. De hecho, aumentarlo más no aportaría gran valor a la salud de la población. Es así como el gobierno se podrá enfocar más en otros factores para mejorar la salud poblacional, como en las políticas de medio ambiente. Con esto, Nueva Zelanda podrá lograr su objetivo y aumentar su esperanza de vida aproximadamente un año.

Por último, en Estados Unidos se observa un caso similar, es decir, tener una inversión de casi el doble en salud con respecto a los demás países no le ayuda a aumentar



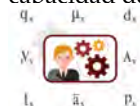
Propuestas para TMI						
	±/	México	±/	Nueva Zelanda	±/	Estados Unidos
Gasto corriente en el sistema de salud per cápita(USD)	5.91	1,131	26	4062.85	-3801	5023
Efectividad del gobierno	18.92	60.07	3.77	96.56	7.29	94.31
Adaptabilidad	0.03	40.18	-0.52	71.10	0.03	75.24
Medio Ambiente	1.12	54.12	4.64	75.94	3.81	75.11
Seguridad y paz	-0.19	2.38	-0.05	1.33	-0.06	2.19
Libertad de expresión	0.03	45.45	0.50	10.69	0.03	23.85
Coefficiente de Gini	-11.82	35.68	-0.64	33.46	-2.72	44.79
Nivel de educación	0.02	0.72	0.02	0.95	0.03	0.95
Tasa de mortalidad infantil	-0.79	6.17	-0.85	3.12	-0.79	4.29
IC 95%		[5.41-7.05]		[2.75-3.53]		[3.49-5.22]

Figura 41 Propuesta para aminorar las TTMMNN de México, Nueva Zelanda y Estados Unidos.

su salud en gran medida. Es por esto que se propone reducir el monto al doble de lo que invierte originalmente, teniendo una inversión más cercana a la de Nueva Zelanda. De esta manera EEUUAA podrá enfocar más recursos económicos y tiempo en los demás indicadores que pueden traer mejores beneficios a la salud de su población, algo que se ve claro con la estrategia que utiliza Nueva Zelanda. Realizar lo anterior y aumentar la efectividad del gobierno a 7.32 puntos, las políticas del medio ambiente a 6.47 puntos y enfocarse en garantizar igualdad para todos los ciudadanos, permitirá a Estados Unidos llegar a su objetivo y aumentar su esperanza de vida aproximadamente 3.25 años. Con esto se puede confirmar la importancia de lograr un equilibrio entre todos los indicadores.

Propuesta para la tasa de mortalidad infantil En la tabla de la Figura 41 se observa que, para la tasa de mortalidad infantil, el gobierno de México debe enfocarse en los mismos factores que para la esperanza de vida. Mejor dicho, para cumplir con el objetivo establecido de una tasa de mortalidad infantil igual a 6.17, los indicadores que más deben ser modificados son la efectividad del gobierno y el coeficiente de Gini, el primero aumentando 13.92 puntos y el segundo disminuyendo 11.82 puntos. Por otro lado, el gobierno de Nueva Zelanda debe enfocarse más en aumentar su efectividad del gobierno y no tanto en su adaptabilidad. Otra vez se observa la oportunidad de dirigir a otros indicadores parte de los recursos utilizados en adaptabilidad.

Para finalizar, Estados Unidos debe encontrar un equilibrio entre todos sus indicadores. Esto lo podrá lograr principalmente buscando mejores políticas de medio ambiente y una mayor igualdad. Realizar esto le permitirá a EEUUAA reducir sus altísimas inversiones en salud y enfocarse en mejorar los indicadores que están peor posicionados, ya que un país desarrollado debería tener la capacidad de lograr altos puntajes en todas las variables



y no sólo en una.

11. MÉTODO DE K-MEDIAS

Para comprobar nuestra hipótesis, se realiza un segundo método utilizando la misma base de datos de 123 países que se empleó en el método de regresión múltiple. El nuevo método estadístico por utilizar es un análisis de conglomerados llamado *K-medias*, siendo este un método de clasificación. A diferencia del análisis de regresión, en este método no se tiene variable dependiente, pues lo que se busca es agrupar a los diferentes países de acuerdo con las 18 variables de un gobierno que se definieron en un principio. Con esto, las variables que comparten características semejantes estarán juntas en un mismo grupo y estarán separadas de las variables que tienen diferencias. Todo esto se hace con el fin de comprobar si, en efecto, los países con características similares de un gobierno también comparten resultados similares en relación con la salud.

K óptimo.

Como se mencionó anteriormente, el método de *K-medias* necesita como dato de entrada el número de grupos en los que se va a segmentar a los países. Para obtener la *K* óptima se realizan treinta diferentes métodos en RS-tudio entre los que se encuentran "marriot", "trcovw", "tracew", "friedman", "rubin", "çindex", "db", "silhouette", "duda", "pseudot2", "beale", "ratkowsky", "ball", "ptbise-rial", etc. En la Figura 42 se puede observar que de los 30 métodos que se realizan para definir el número de clústers, el que resulta el número óptimo es el número 3, ya que 12 de los 30 métodos sugieren esta cantidad.

Es así como, con este número *K* de clusters, el algoritmo coloca primero $k = 3$ puntos aleatorios (centroides). Después de esto, se asignan a cualquiera de esos puntos todas las muestras con las distancias más pequeñas. Finalmente, para saber si los datos son parecidos o diferentes, el algoritmo *K-medias* utiliza la distancia entre los datos. Las observaciones que sean más similares tendrán una menor distancia entre ellas. Como medida se utiliza la distancia euclidiana, aunque también se pueden utilizar otras medidas.

Clasificaciones. Posteriormente, el punto se desplaza a la media de las muestras más cercanas. Esto crea una nueva asignación de muestra debido a la cercanía de algunos puntos con otro centroide. Este proceso se repite de forma iterativa, en este caso con 200 iteraciones y los grupos se van ajustando hasta que la asignación no cambia más

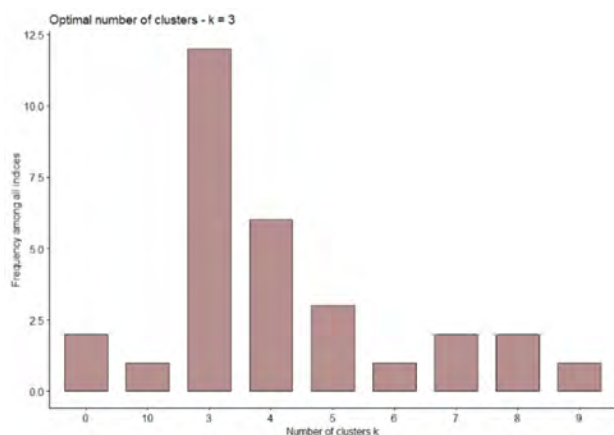


Figura 42 Estimación del número de clusters con 30 diferentes métodos. Elaboración propia en RStudio a partir de los datos recabados.

moviendo los puntos. En las gráficas de las Figuras 43 y 44 se observa el resultado final que representa el ajuste en donde se maximiza la distancia entre los distintos grupos y minimiza la distancia intragrupo. Es importante mencionar que todo esto se realizó escalando las variables.

Medias de los grupos.

Para poder analizar las tres agrupaciones de los diferentes países, la Figuras 45 y 46 muestra las medias de las variables de un gobierno para cada uno de los grupos.

Como se puede ver en la Figura 46, el tercer grupo está formado por aquellos países cuyos gobiernos tienen mejores puntajes en los indicadores de un buen gobierno. Esto quiere decir que el tercer grupo está formado por los países con un gobierno relativamente justo y eficiente con respecto a las demás poblaciones. Por otro lado, el segundo grupo está conformado por los países con un gobierno no tan eficientes, ya que sus puntajes no son ni altamente buenos ni altamente bajos. Por último, el primer cluster está compuesto por aquellos países que tienen un gobierno deficiente y poco justo dado sus bajos puntajes en los indicadores.

El detalle de los países que conforman cada grupo puede verse en la Figura 47.

Relación entre la salud y las clasificaciones del método de conglomerados. Para concluir este análisis, la Figura 48 muestra la esperanza de vida con respecto a la tasa de mortalidad infantil de los 123 países y se separan según

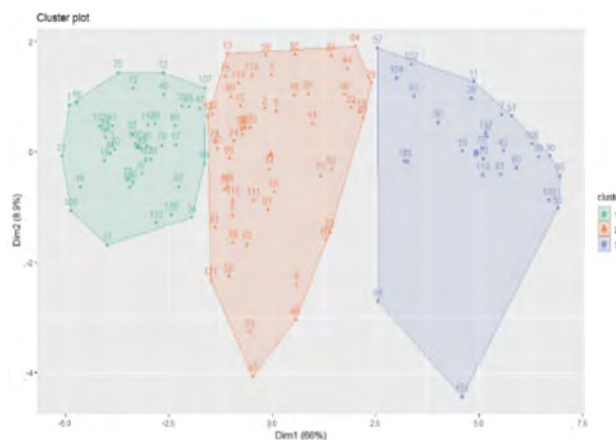


Figura 43 Grupos formados con distancia Euclidiana, obtenida con 200 iteraciones. Elaboración propia en RStudio a partir de los datos recabados.

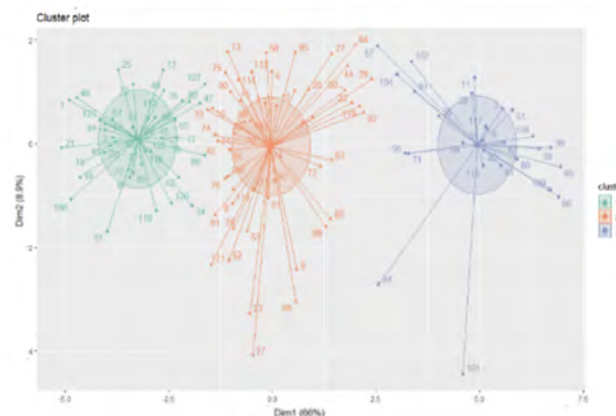
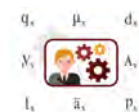


Figura 44 Estimación propia del proceso final del método *k*-medias en RStudio a partir de los datos recabados y escalados.



	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
1 Gasto de salud (\$USD)	-0.5825	-0.3548	1.5697
2 Gasto total del gobierno	0.4750	0.1229	-0.9827
3 Integridad de un gobierno	-0.8947	-0.0490	1.5254
4 Calidad de regulaciones	-1.0604	0.2239	1.3044
5 Efectividad de un gobierno	-1.0816	0.2384	1.3126
6 Gobernanza y ética	-0.8583	0.1192	1.1666
7 Estado de derecho	-0.9602	0.0908	1.3811
8 Control de corrupción	-0.9310	0.0704	1.3705
9 Adaptabilidad	-0.9101	0.0679	1.3414
10 Capacidad digital	-0.8919	0.1505	1.1647
11 Medio ambiente	-0.8251	-0.0690	1.4492
12 Seguridad y paz	0.6166	0.0265	-1.0383
13 Nivel de educación	-0.9801	0.2621	1.1071
14 Disponibilidad de información	-1.0500	0.2414	1.2564
15 Libertad de expresión en medios	0.3391	0.2126	-0.9246
16 Confianza institucional	-0.1454	-0.1585	0.5167
17 PIB per cápita	-0.6380	-0.3050	1.5700
18 Coeficiente GINI	0.2932	0.2148	-0.8548

Mayor el puntaje, mejor posicionado

Mayor el puntaje, peor posicionado

Figura 45 Medias de los grupos obtenidos por el análisis de clusters. Elaboración propia en Excel a partir de los datos recabados.

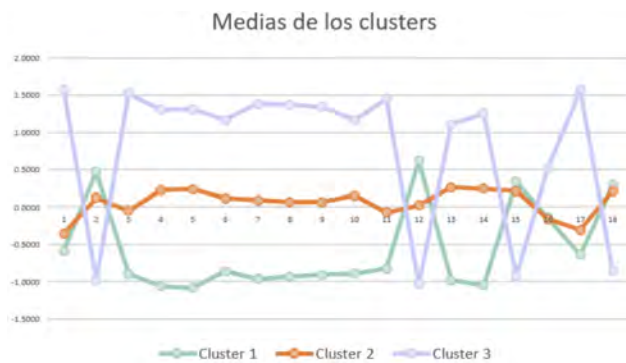


Figura 46 Medias de los grupos obtenidos por el análisis de clusters. Elaboración propia en Excel a partir de los datos recabados.



Países con gobierno deficiente	Países con gobierno regular	Países con buen gobierno
Afganistán	Albania	Australia
Angola	Arabia Saudí	Alemania
Bolivia	Argentina	Austria
Burkina Faso	Armenia	Bélgica
Burundi	Azerbaiyán	Canadá
Camerún	Bahrein	Dinamarca
Chad	Bielorrusia	Eslovenia
Comoras	Bosnia and Herzegovina	España
Djibouti	Botswana	Estados Unidos
Egipto	Brasil	Estonia
Etiopía	Bulgaria	Finlandia
Gabón	Chile	Francia
Ghana	China	Irlanda
Guatemala	Chipre	Islandia
Guinea	Colombia	Israel
Guyana	Costa Rica	Italia
Haití	Croacia	Japón
India	Cuba	Luxemburgo
Irak	Ecuador	Malta
Kenia	El Salvador	Noruega
Lesotho	Filipinas	Nueva Zelanda
Madagascar	Georgia	Países Bajos
Malawi	Grecia	Portugal
Malí	Honduras	Qatar
Mauritania	Hungría	Reino Unido
Mozambique	Indonesia	Singapur
Namibia	Jamaica	Suecia
Nepal	Jordania	Suiza
Nicaragua	Kazajistán	
Niger	Kuwait	
Nigeria	Letonia	
Pakistán	Malasia	
Paraguay	Marruecos	
Ruanda	Mauritius	
Senegal	México	
Sierra Leone	Mongolia	
Sudáfrica	Omán	
Sudán	Panamá	
Suriname	Perú	
Tajikistán	Polonia	
Togo	República Dominicana	
Uganda	Rumania	
Uzbekistán	Rusia	
Zambia	Sri Lanka	
Zimbabwe	Tailandia	
	Trinidad y Tobago	
	Túnez	
	Turquía	
	Uruguay	
	Vietnam	

Figura 47 Países de los tres diferentes clusters.



Figura 48 Esperanza de vida al nacer (e_0^4) con respecto a la tasa de mortalidad infantil ($\ln TMI$).

las clasificaciones obtenidas. Con esto se puede observar con mayor claridad la relación entre las características de un gobierno con la salud de una población. La Figura 48 exhibe que hay una cierta relación entre un buen gobierno y la salud de una población, ya que los países con gobiernos justos y eficientes muestran tener mejor salud (mayor esperanza de vida al nacer y menor tasa de mortalidad infantil), mientras que los gobiernos deficientes tienden a tener una peor salud (mayor tasa de mortalidad infantil y menor esperanza de vida al nacer).

Finalmente, con el análisis de conglomerados se clasifica a México como un país con gobierno regular, y a Nueva Zelanda y Estados Unidos como países con gobiernos eficientes.

Es interesante ver el resultado de EE.UU., después de lo analizado con la regresión múltiple; sin embargo, es importante mencionar que, al ser una comparación con muchos otros países, es lógico pensar que EE.UU. haya sido clasificado como eficiente puesto que existen países como México (clasificado con gobierno regular) cuyos puntajes son muchos más bajos que los de Estados Unidos.

A pesar de la clasificación que recibió EE.UU., se debe observar que es uno de los países dentro de los gobiernos eficientes que no cuenta con los mejores puntajes y esto se debe a la falta de equilibrio entre sus indicadores, como se mencionó en el análisis anterior. Aquí, se recalca la importancia de disminuir su coeficiente de Gini, ya que la desigualdad de ingresos en los Estados Unidos es sustancialmente más alta que en casi cualquier otra

nación desarrollada, y va en aumento, lo que genera un debate nacional cada vez más intenso. Por más que exista un alto gasto en salud, el bienestar de la población no aumentará si no hay mayor igualdad para los habitantes de un país. Es por esto, que la solución para Estados Unidos es tener un servicio de salud que esté disponible para una mayor cantidad de la población, con ingresos equitativos evitando que la asistencia sanitaria sea tan cara y logrando así sistemas de atención de salud más eficientes y equitativos.

12. CONCLUSIONES

Después de realizar un análisis de regresión múltiple se pudo identificar los indicadores que determinan el nivel de salud de una población, específicamente la esperanza de vida al nacer y la tasa de mortalidad infantil en un país. El primer modelo final está conformado de once variables dependientes (indicadores) y explica la esperanza de vida de una población en un 87.72 %, mientras que el segundo modelo final contiene ocho variables dependientes y explica la tasa de mortalidad infantil de una población en un 91.09 %. Los indicadores que comparten estos dos modelos nos llevan a concluir que la efectividad de un gobierno, las políticas del cuidado del medio ambiente, la seguridad y la igualdad en ingresos son variables claves para que un gobierno mejore los niveles de salud de su población.

Los resultados del análisis estadístico reflejan la gran responsabilidad que tienen los gobiernos de conocer los puntajes de sus indicadores para poder tomar decisiones en beneficio de sus ciudadanos y su país. Cada país tiene diferentes retos y prioridades para impulsar su sistema de salud. Sin embargo, a partir del análisis, se encontró que un equilibrio entre los indicadores estudiados es esencial. Una alta cantidad de inversión y gasto en el sistema de salud no garantiza una mayor esperanza de vida ni una menor tasa de mortalidad infantil, como se pudo ver con Estados Unidos.

Se logró concluir los objetivos principales de los tres países seleccionados a analizar. Para el caso de México, el gobierno debe enfocarse en aumentar la efectividad del gobierno y disminuir el coeficiente de Gini. Estados Unidos también debe disminuir el coeficiente de Gini y aumentar el puntaje del indicador de medio ambiente para que la salud de su población mejore. Por otro lado, se vio que Nueva Zelanda tiene buenos indicadores de salud y altos puntajes en el gobierno, pero tiene como área de oportunidad utilizar parte de los recursos destinados a la adaptabilidad en mejorar la efectividad del gobierno



y/o mejorar las políticas del medio ambiente.

El análisis de conglomerados demuestra que es posible clasificar a un gobierno como bueno, regular o deficiente, y con estas clasificaciones se puede comprobar la influencia de un gobierno sobre la salud de su población, basándose en la esperanza de vida al nacer y la tasa de mortalidad infantil. De los tres países seleccionados para el análisis, el gobierno de México fue clasificado como regular, mientras que los gobiernos de Nueva Zelanda y Estados Unidos fueron clasificados como eficientes. A pesar de que Estados Unidos pertenece a esta última categoría, su salud tiende a ser más parecida a un gobierno que es considerado no tan eficiente (regular) ya que, dentro de la categoría de gobiernos eficientes, hay países con mejor gobierno que EEUUAA. Esto se debe a los bajos puntajes en algunos indicadores de Estados Unidos, como el Coeficiente de Gini. Es por lo anterior que se puede explicar su baja esperanza de vida al nacer y su alta tasa de mortalidad con respecto a países desarrollados como Nueva Zelanda, España, Australia y otros países desarrollados.

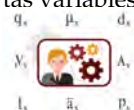
Finalmente, con este trabajo se puede observar el papel tan importante que tiene un gobierno sobre la salud de una población, pues las estrategias que ellos realicen pueden ayudar a mejorar la salud de un país, no solamente en situaciones de crisis como la que vivimos, sino en todos los contextos. Tanto los países desarrollados como los países en vías de desarrollo deben enfocarse en tomar decisiones que les permitan aprovechar sus recursos de manera efectiva para el mejoramiento de sus sistemas de salud. Es claro que el poder económico no siempre trae resultados favorables si las herramientas utilizadas y la forma de emplearlas son las incorrectas. Es necesario buscar información fiable para entender las causas de una mala salud de un país y activar estrategias efectivas que permitan fortalecer la salud con una buena toma de decisiones y organización basadas en datos de apoyo.

Es importante mencionar que tanto en el primer método estadístico (Análisis de regresión múltiple) como en el segundo método (Análisis de conglomerados) se observó que, aunque el gobierno es un factor clave para mejorar la salud de una población, este no explica en su totalidad la salud de una población. Lo anterior se debe a que el objetivo de este trabajo fue únicamente encontrar la relación entre un gobierno y la salud de un país. Por lo tanto, el análisis estadístico tiene el potencial de ser mejorado dado que existen otros factores que tienen efectos sobre la salud poblacional, pero no necesariamente tienen relación con las decisiones de un gobierno. Estas variables podrían agregarse a los modelos teniendo

una investigación y justificación detrás de ellas. También es posible realizar otra regresión lineal tomando como variable dependiente un tercer indicador de salud.

REFERENCIAS

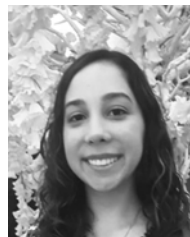
- Ahmadand, F. B. and R. N. Anderson, 2021 The Leading Causes of Death in the US for 2020. *JAMA* **325**(18): 1829–1830.
- Banco Santander, 2021 *Chile: política y economía*. Santander Trade, Recuperado de [aquí](#).
- Center on Budget and Policy Priorities, 2021 The Trump Administration's Health Care Sabotage. Recuperado de [aquí](#).
- De-La-Fuente, S., 2011 *Análisis conglomerados*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Autónoma de Madrid, Recuperado de [aquí](#).
- Deutsche Welle, 2020 Gallup: crisis de liderazgo político es un problema serio. Recuperado de [aquí](#).
- Gupta, S., H. Davoodi, and E. Tiongson, 2000 *Corruption and the Provision of Health Care and Education Services*. Fondo Monetario Internacional, Recuperado de [aquí](#).
- Kaufmann, D., A. Krayy, and M. Mastruzzi, 2016 *Worldwide Governance Indicators Project: Answering the Critics*. World Bank, Recuperado de [aquí](#).
- Ministry of Health NZ, 2020 Covid-19: Vaccine data. Recuperado de [aquí](#).
- Morello-Frosch, R., B. Jesdale, J. Sadd, and M. Pastor, 2010 Ambient air pollution exposure and full-term birth weight in california. *Environment Health*.
- Piedad, B., 2018 *War is not healthy. Political violence and infant health outcomes in Colombia*. SciELO Salud Pública, Recuperado de [aquí](#).
- Remeikien, R., L. Gasparnien, V. Chadyšas, and E. Raitenskis, 2020 Links between corruption and quality of life in european union. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. **7**(4): 2664–2675, Recuperado de [aquí](#).
- Rowlingson, K., 2011 *Does income inequality cause health and social problems?*. Joseph Rowntree Foundation, Recuperado de [aquí](#).
- Staff, F., 2020 La tasa de homicidios en México se mantuvo a su nivel más alto en 2019, *journal=Forbes México* Recuperado de [aquí](#).
- The Heritage Foundation, 2020a Mexico Economy: Facts, Population, GDP, Corruption, Business, Trade, Inflation. Index of Economic Freedom. Recuperado de [aquí](#).
- The Heritage Foundation, 2020b New Zealand Economy: Population, GDP, Inflation, Business, Trade, FDI, Corruption. Index of Economic Freedom. Recuperado de [aquí](#).



The Heritage Foundation, 2020c United States Economy: Population, GDP, Unemployment, Inflation, Spending. Index of Economic Freedom. Recuperado de [aquí](#).
 University of Oxford, 2020 *Government AI Readiness Index* 2020. Oxford Insights, Recuperado de [aquí](#).
 Wendling, Z., J. Emerson, A. de Sherbinin, and D. Esty, 2020 *2020 Environmental Performance Index*. Yale Center for Environmental Law and Policy, New Haven, CT, Recuperado de [aquí](#).
 World Health Organization, 2019 Global health estimates: Leading causes of death. Recuperado de [aquí](#).



go, análisis abstracto y comunicación. Habla el idioma inglés con fluidez.



Nahiely Rodríguez Galván Duque es egresada de la Universidad Anáhuac México. Ahí estudió las licenciaturas en Actuaría y en Ingeniería Financiera. Es una mujer de 23 años y está comprometida con aprender y trabajar en equipo. Está interesada en la consultoría y en la banca. Destacan sus habilidades de liderazgo,

Sofía Requejo Fernández estudió la Licenciatura en Actuaría en la Universidad Anáhuac México. Fue becaria de finanzas en Vector Casa de Bolsa. Programa en VBA y R. A sus 23 años, habla Inglés y Francés y está interesada en el análisis de datos y gestión de riesgos. Destacan sus aptitudes de trabajo en equipo y de liderazgo.



Actuaría & Finanzas

PROYECTOS ESPECIALIZADOS

- **Afores - INFONAVIT - IMSS**
- **Seguros**
- **Pensiones**
- **Certificación en Estándares de Competencia Laboral CONOCER**
- **Aula Virtual - Capacitación**

Contacto: webmaster@actuariayfinanzas.net

<https://www.actuariayfinanzas.net/>



55 8055 4463



ACTUARIOS TRABAJANDO

**Algoritmo para el cálculo de
barreras de entrada y salida o
tiempos óptimos de paro de
una acción**



Algoritmo para el cálculo de barreras de entrada y salida o tiempos óptimos de paro de una acción

Karla Cristina del Río González Aragón*,¹

* Universidad Anáhuac México

RESUMEN Existen diversas estrategias de inversión para la compra y venta de acciones con un nivel conveniente de precio, pero muchas de ellas podrían resultar complejas para quienes no son expertos en inversiones. Aquí surge la inquietud por encontrar un algoritmo para determinar cuáles son los tiempos o precios óptimos de paro para la compraventa de una acción y de esta manera maximizar el valor esperado de su precio. Nuestro trabajo construye un algoritmo con base en cuatro supuestos de mercado: el principio de Valuación Neutra al Riesgo y en la función de precios de un activo la cual se fundamenta en el Modelo Movimiento Browniano Geométrico. Los resultados son sorprendentes, como que, en el caso de la acción de FaceBook, solo la barrera de Stop Loss aporta valor al resultado final.

Palabras clave

Stop loss

Take profit

Derechos reservados © 2021 por el Colegio Nacional de Actuarios
Última actualización del manuscrito: 23 de diciembre de 2021
Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.



1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, es cada vez más común que se escuche hablar sobre mercados financieros, acciones de una empresa, capital, etc. Sin embargo el conocimiento y aprovechamiento que se tiene al respecto continúa siendo superficial y para algunos otros un “mundo desconocido”; a pesar de ser algo tan fundamental en el mundo de los negocios y de las empresas. Se sabe que toda empre-

¹ Autora de correspondencia: Correo electrónico: karladelrioga@gmail.com

sa requiere indispensablemente de un fondo para poder llevar a cabo su operación. Dicho fondo se conforma con recursos físicos y financieros los cuales pueden adquirirse de múltiples formas o estrategias que la empresa determine, como por ejemplo: aportaciones de los socios de la empresa o préstamos por parte de terceros, que se detallan a continuación.

- Las aportaciones de capital son todas aquellos fondos a largo plazo que proveen los dueños de la compañía y las cuales pueden hacerse de dos formas: acciones y utilidades retenidas. Ambas tienen distintos costos y se decide dependiendo de la estrategia de financiamiento que se esté buscando.
- El capital por deuda incluye a todos aquellos tipos de financiamiento a largo plazo que se adquieran por préstamos, venta de obligaciones, etc. Este tipo de financiamiento de capital esta delimitado a una cantidad determinada respecto con la capacidad de pago que tenga la compañía.

Debido a que las formas de financiamiento de capital son muy extensas, el enfoque del proyecto esta dirigido hacia la estrategia de financiamiento de aportaciones al capital en forma de acciones.

En las condiciones comunes, el origen de las empresas suele comenzar con muy pocas personas que son quienes aportan los recursos necesarios para que la operación comience de manera correcta. Sin embargo, el objetivo eventualmente es hacer que la empresa crezca, por consiguiente se requerirán mayores recursos con el paso del tiempo y normalmente son más significativos. En muchos casos ya no le es posible a los socios/fundadores seguir siendo la fuente de financiamiento de capital, por lo que se orientan a nuevas fuentes como inversionistas externos, endeudamientos o emisión de acciones. Las acciones en términos sencillos, es cuando se divide en partes igual la propiedad de la empresa y dichas partes se ofertan ante el mercado y a partir de la demanda, el rendimiento de la empresa, se determina el precio en que cada parte se va a vender. De lo cual, si se suma el valor del total de partes da como resultado el valor monetario de la compañía en su totalidad. Cada una de estas “partes” es lo que resulta ser cada acción, es decir, si una empresa vale \$1,000 y se quisiera dividir en diez partes iguales, entonces el precio de cada una de las diez acciones sería de \$100. Una vez que las acciones pasan a ser propiedad de alguien externo, entonces a dichas personas se les denomina accionistas y comienzan a tener cierta relevancia dentro de la empresa. El rendimiento que se le otorga a cada accionista es proporcional al desempeño futuro de

la empresa. Por lo tanto, se podría decir que los accionistas apuestan por que los resultados de la compañía serán buenos.

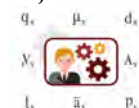
Dicho lo anterior, se puede notar que la mayor importancia de las acciones radica en el gran peso que representa la emisión de estas como fuente de financiamiento para las compañías, no obstante no todas están autorizadas para emitir acciones.

En resumen, las acciones son instrumentos de inversión de capitalización y su rentabilidad puede variar porque es dependiente del desempeño de la empresa; lo cual se refleja en el precio de compraventa de la acción en el mercado. Los precios a los que se comercializan las acciones de las diversas empresas no siempre son el valor justo que debería de ser. Algunas ocasiones están sobrevaluadas, infravaluadas y en otras, si son correctamente valuadas, es decir, se ofertan en el precio que deberían. Para saber si el precio de un activo esta correctamente valuado, existen distintas métricas como el PEG (Price / Earning-To-Growth) que es un buen indicador sobre la realidad del activo. El cual compara el precio con las utilidades esperadas. Entre más cercano este el resultado a 1 mejor valuado esta el precio de la acción. Sin embargo, debido a que existen distintos factores que influyen, cabe la posibilidad de que el cálculo del precio de una acción tenga las variaciones antes mencionadas.

El precio de una acción se determina satisfaciendo la ley de la oferta y la demanda, sin embargo pronosticar la evolución del precio de cierta acción no tiene una metodología que sea 100 % exacta, es aquí donde se involucran distintos factores que van determinando el precio futuro. Y en consecuencia, determinar cuándo es el momento idóneo para comprar o vender una acción a un precio óptimo y bien valuado, es muy complicado.

Una vez dicho lo anterior, la emisión de acciones puede verse desde dos perspectivas: desde el lado del inversionista o accionista, y el emisor o compañía. En esta ocasión el objeto de estudio son el precio de compraventa de acciones y el posible rendimiento o utilidad que podrían tener quién las compra. Por lo tanto, la perspectiva desde la que se realizó esta investigación y caso práctico es desde el inversionista. Vea la Figura 1. Existen cuatro factores en los que los accionistas potenciales basan sus decisiones para hacer inversiones privadas, las cuales son:

- La primera variable es el rendimiento esperado, el cual significa la rentabilidad que las personas esperan obtener como recompensa por su inversión y normalmente se calcula como porcentaje sobre el



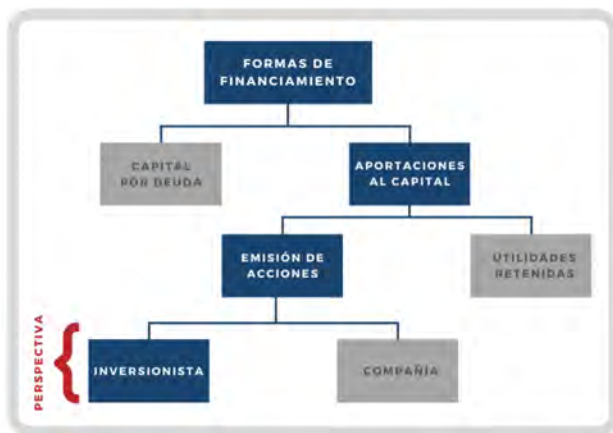


Figura 1 Punto de vista de nuestro trabajo.

monto total de la inversión. Es importante recalcar que hay una relación directa entre el rendimiento esperado y el riesgo por invertir en dicho activo, por lo que cuando existe un mayor riesgo (mayor volatilidad por ejemplo) la recompensa se esperaría mayor.

- La segunda variable es el riesgo asumido al invertir en ese activo, es decir, la incertidumbre por no recuperar el monto hecho en la inversión. Esta variable está muy relacionada con el perfil del inversor ya que depende de que tan averso, neutral o preferente al riesgo sea cada persona.
- La siguiente variable es el plazo de tiempo de la inversión el cual puede ser corto, mediano o largo plazo. A mayor plazo, las inversiones suelen ser más riesgosas porque la posibilidad de que algo inesperado suceda es mayor. Por lo que a mayor plazo mayor se suelen ofrecer mejores tasas de interés o rendimiento.
- Finalmente, el último es la liquidez de la inversión; es decir, con qué rapidez o facilidad se puede recuperar el monto de la inversión y si este movimiento tiene un costo adicional por querer retirarlo antes de tiempo.

Como mencionamos anteriormente, el valor o precio de una acción aumenta o disminuye con base al desempeño de la empresa emisora; si tiene buen rendimiento el precio subirá mientras que si tiene mal rendimiento ocurrirá lo opuesto. En consecuencia, los precios tienden a cambiar muy rápidamente haciendo que si se compra en cierto precio y este aumenta tiempo después, el accionista



obtiene una utilidad en caso de vender la acción al momento en que sube y viceversa en caso contrario. Para el inversionista, decidir en qué momento es indicado para vender si el precio va subiendo, es muy complicado ya que el momento en que el precio de esa misma acción comience a caer es desconocido y podría ser en cualquier instante. Por ley natural, si una acción comienza a subir el inversor querrá venderla para asegurar una utilidad a su favor; en el caso contrario, querrá evitar a toda costa que el precio empiece a caer por debajo del precio de compra inicial y de esta forma tener pérdidas. Según [Lei and Li \(2009\)](#), los accionistas tienden a mantener las acciones cuando van a la baja por un lapso muy largo y tienden a vender sus inversiones que van a la alza a muy corto plazo por miedo a que repentinamente estos caigan y pierdan esas ganancias ya alcanzadas.

Existen diversas estrategias de inversión para dar guía al inversor para la compra y venta de acciones con un nivel de precio conveniente, ya que como se mencionó en un principio, son pocos los realmente expertos en tema de inversiones. Es aquí donde surge la inquietud por encontrar un algoritmo para determinar cuáles son los tiempos o precios de paro óptimos para la compraventa de una acción y de esta manera maximizar el valor esperado del precio de una acción. Dicho esto, el objetivo principal de este proyecto es que, a través de un algoritmo, se pueda conocer el tiempo de paro óptimo que al establecerlo tenga como consecuencia alcanzar el punto más alto en el precio de una acción reduciendo en su máximo las posibles pérdidas que invertir en una acción conlleva; de lo cual entraremos a detalle.

Creando de esta forma, programa amigable para que quien este interesado en hacer una inversión pueda calcular las barreras de entrada o salida (stop loss o nivel de compra, venta) para un activo distinto pueda hacer uso de este. Permitiendo que el usuario que tenga acercamiento con el pueda hacer uso sin necesariamente tener conocimientos avanzados sobre el procedimiento para el cálculo de precios óptimos de acciones y así tomar decisiones acertadas de inversión.

Una vez teniendo claro el objetivo de este proyecto, lo que se quiere probar es que establecer barreras de entrada y salida logra que el valor esperado de la acción se maximice. O sea, que aumente el valor esperado comparado con el valor esperado sin establecer tiempos de paro, reduciendo la posibilidad de tener pérdidas.

La metodología utilizada para llevar a cabo este proyecto fue la siguiente: el primer paso fue la elección de la compañía piloto sobre la cual se va a desarrollar el algoritmo para establecer los tiempos de paro de su respectiva

acción. Obteniendo la información histórica sobre el precio del activo en el último año, de la página de Yahoo Finance. Como siguiente paso se establecieron los fundamentos teóricos que respaldan el modelo de precios de activos sobre el cual se construye el algoritmo. El modelo elegido fue el Movimiento Browniano Geométrico (MBG) que se explicará en la sección 2. Además de construir el algoritmo considerando los supuestos de Valuación Neutra al Riesgo y aplicando el modelo de Tiempos de Paro o Barreras. A continuación se profundizó sobre todos aquellos conceptos necesarios para poder entender y construir el algoritmo como los supuestos de mercado, simulaciones, pruebas de normalidad, etc.

Una vez teniendo claro esto, continuó el proceso de creación del algoritmo el cual consiste en dos partes. La primera que se desarrolla con el software de RStudio y consiste en la consolidación de números aleatorios normales para poder así, crear la simulación de las trayectorias del comportamiento del precio de la acción en un plazo de seis meses con base en el MBG. La segunda parte hace uso del software Excel y esta etapa consiste, primero en calcular el valor esperado del precio del activo la matriz resultante de la primera etapa. Este valor esperado, como su nombre lo indica es la esperanza o promedio del precio final de cada una de las trayectorias a valor presente y se identificará como VP. El siguiente paso en esta etapa se basa en definir un nivel de Take Profit y Stop Loss para así establecer una condición sobre la matriz de trayectorias. Esta condición se realiza en cada salto de tiempo en cada trayectoria, haciendo de esta forma que si el precio S_k en el k -ésimo instante es mayor o igual al Take Profit, entonces S_k tomará el valor de Take Profit desde k hasta el último paso de la trayectoria; realizando lo mismo para el Stop Loss. Si S_k es menor o igual al valor de Stop Loss entonces S_k toma ese valor desde k hasta el último en la trayectoria. Una vez que en todas las trayectorias se haya aplicado dicha condición, entonces se vuelve a calcular el valor esperado del precio del activo una vez establecidas las barreras al cual se nombrará $VP_{\text{optimizado}}$.

El tercer paso de esta segunda etapa se utiliza la herramienta Solver de Excel para encontrar un valor óptimo (mínimo o máximo) para una fórmula en una celda, la celda objetivo, que está sujeta a restricciones o limitaciones en los valores de otras celdas de fórmula de una hoja de cálculo (vea [Microsoft-Soporte \(s.f.\)](#)). El papel que juega Solver en este paso es muy importante ya que es el que encuentra los valores óptimos para Take Profit y Stop Loss maximizando así el $VP_{\text{optimizado}}$.

Una vez ejecutado Solver, se calcula la diferencia entre $VP_{\text{optimizado}}$ y VP para analizar los beneficios que conlle-

va establecer un precio óptimo de paro (Take Profit y Stop Loss).

2. MARCO TEÓRICO

Para poder llevar a cabo este proyecto es necesario tener claros algunos conceptos que pertenecen a las disciplinas de Finanzas Matemáticas y Procesos Estocásticos principalmente, de igual forma fundamentar la teoría que se requiere en cada paso de la metodología.

Para comenzar, es indispensable conocer cómo se valúa el precio de una acción y cuáles son los factores que influyen en el cálculo de los precios de una acción. Como se mencionó al inicio, el precio al día de hoy de una acción se determina satisfaciendo la ley de la oferta y la demanda, sin embargo realizar estimaciones del precio al futuro involucra algunas otras variables que hacen que el cálculo resulte más complejo y sea sólo una aproximación. Los factores fundamentales que tienen influencia sobre la estimación son los siguientes:

- Las expectativas de los inversionistas y del mercado sobre crecimiento, dividendos, resultados de la empresa.
- El riesgo percibido en la acción, que a mayor sea la expectativa de la rentabilidad de la empresa mayor será este riesgo.
- Beneficios por acción.
- Ratios de descuentos, que reflejan la inflación.

Llegado a este punto, continua el análisis técnico en donde se estudia el comportamiento histórico del precio para identificar si existe cierta temporalidad en el comportamiento o si se pueden predecir movimientos futuros en el mercado debido a datos históricos. Esto es de gran ayuda para poder identificar tendencias que existen en el mercado. Estos factores, son aquellos técnicos, los cuales son externos pero que modifican la oferta y demanda de la acción, por ejemplo la inflación, competencia de mercado, tendencias, liquidez, etc.

Otro gran factor que provoca fluctuaciones en los precios son las expectativas por parte de los inversionistas en cuanto a datos financieros, anuncios públicos, noticias relevantes, entre otros, sobre la compañía. Estos datos ayudan a aquellos que se encargan de analizar la realidad económica que se vive al momento en la empresa, lo realicen de manera acertada.

En la búsqueda por encontrar un modelo que se ajuste al comportamiento real del precio de una acción, se halló que existen ciertos supuestos sobre el comportamiento de los mercados sobre los cuales se calcula el precio de un activo. Dichos supuestos son los siguientes:



p es la probabilidad del movimiento en el precio el cual sería ascendente. Por ende, se puede decir que la valuación neutral al riesgo es correcta independientemente de los supuestos sobre el comportamiento del precio de la acción.

Lo que hace la Valuación Neutral al Riesgo en términos sencillos es:

1. Calcular las probabilidades de los diferentes resultados $(p, 1 - p)$.
2. Calcular el beneficio esperado de la acción.
3. Calcular el precio al día de hoy, descontando a la tasa libre de riesgo.

Otro concepto esencial para estimar el precio de la acción por medio de simulaciones son los procesos de Wiener o también conocido como Movimiento Browniano.

Movimiento Browniano

El movimiento Browniano es un proceso estocástico a tiempo continuo, llamado así en honor a Robert Brown por haber descubierto que el movimiento de partículas en superficies líquidas resultan ser movimientos al azar aunque no pudo fundamentar teóricamente el fenómeno. Años más tarde, Albert Einstein logró encontrar la explicación teórica a dicho fenómeno, sin saber que Brown ya había tenido el primer acercamiento. Esto dió paso a las primeras bases de la matemática de los procesos estocásticos.

El movimiento que observó Brown era un fenómeno de movimientos irregulares de partículas que no eran manifestación de presencia de vida. Gracias a los resultados de Einstein, se puede asegurar que cada partícula ejecuta movimiento independiente a los de todas las demás y también, los movimientos que ejecuta una misma partícula son procesos independientes entre sí.

El concepto básico de una caminata aleatoria es que el valor que el ente matemático tendrá en un instante futuro está dado por el valor que tenga en el presente más un cambio o paso aleatorio. Se llama caminata y_t , ya que es el conjunto de todos los pasos desde hoy hasta el día t son aleatorios. Suponemos que tenemos N periodos con una longitud de Δt , el proceso o caminata aleatoria se define de la siguiente forma: $Z(t_{k+1}) = Z(t_k) + \epsilon(t_k)\sqrt{\Delta t}$, donde $t_{k+1} = t_k + \Delta t$ para $k = 0, 1, \dots$, Δt es la longitud de cada paso en el tiempo hasta completar el período, $Z(0) = 0$, $\epsilon(t_k)$ es una variable aleatoria con distribución Normal estándar y las variables $\epsilon(t_j)$ y $\epsilon(t_k)$ son

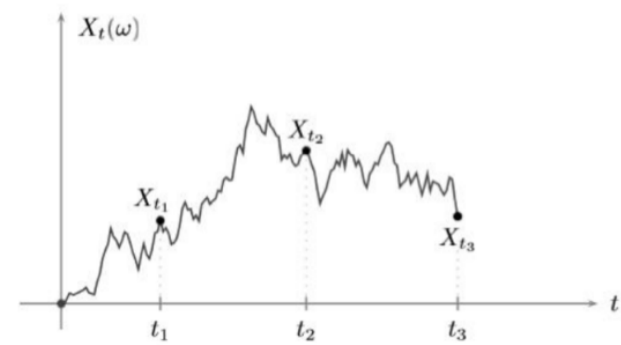


Figura 2 Ejemplo de una caminata aleatoria. Fuente: Valencia-Magos (2016).

no-correlacionadas para $j \neq k$ y $j, k = 0, 1, \dots$. Vea la Figura 2.

El objetivo es modelar esos pequeños cambios aleatorios que hacen que el resultado de la caminata sea totalmente impredecible:

$$Z(t_k) - Z(t_j) = \sum_{i=j}^{k-1} \epsilon(t_i) \sqrt{\Delta t}.$$

Cuando se establece que el límite cuando $\Delta t \rightarrow 0$, entonces la caminata aleatoria es un Movimiento Browniano donde $\epsilon(t)\sqrt{dt}$, y $\epsilon(t) \sim N(0, 1)$. Note que para cualquier $s < t$, $Z(t) - Z(s)$ es una variable aleatoria Normal con media cero y varianza $t - s$. Debido a esto, la forma más simple que existe de este proceso es

$$dx(t) = a dt + b dz,$$

donde $x(t)$ es una variable aleatoria para cada t , z es una Normal estándar, y a y b son sendas constantes. Esta generalización es muy importante, ya que tiene una solución integrando ambos lados de la ecuación

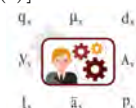
$$x(t) = x(0) + at + bz(t). \quad (1)$$

Recordemos el modelo discreto mencionado anteriormente para el cálculo del precio de acciones (el modelo multiplicativo):

$$w(k) = \ln[u(k)] = \ln[S(k+1)] - \ln[S(k)],$$

donde $w(k)$ son variables aleatorias no-correlacionadas. La versión continua del mismo es $d \ln[S(t)] = v dt + \sigma dz$. Como

$$\ln[S(k+1)] - \ln[S(k)] = d \ln[S(t)]$$



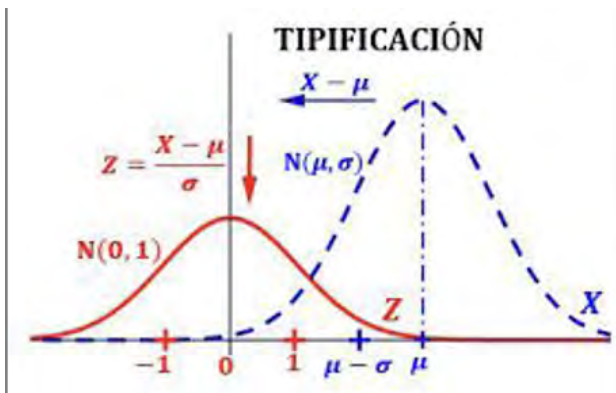


Figura 3 Comparación entre las distribuciones Normal, y Normal estándar.

$$\begin{aligned} &= w(k) = dx(t) \\ &= adt + bdz, \end{aligned}$$

usamos (1) y obtenemos $\ln[S(t)] = \ln[S(t)] + vt + \sigma z(t)$. Debido a que $S(t)$ crece linealmente respecto a t , entonces $S(t)$ se llama *movimiento Browniano geométrico* y se define de la manera siguiente:

$$d \ln[S(t)] = vdt + \sigma dz,$$

y es un proceso logNormal.

Pruebas de Normalidad

Para poder hacer uso del Movimiento Browniano Geométrico en las simulaciones, primero debemos demostrar que los números aleatorios requeridos en el modelo se distribuyen efectivamente Normales. Para esto se debe realizar una prueba de normalidad. Antes de continuar, se presentan algunas características de la distribución Normal:

- La distribución Normal es simétrica, teniendo 50
- Es unimodal, porque la mayoría de sus datos se concentran en el medio.
- La curva nunca toca el eje de las abscisas.
- En la Figura 13, la distribución Normal se muestra en color azul, y la Normal Estándar en color rojo. La diferencia es que la Normal estándar tiene como parámetros una media $\mu = 0$ y desviación Estándar $\sigma = 1$, y densidad $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$.

En caso de que se quisiera delimitar al 95

En caso de que se quisiera delimitar al 95



- Recordar que H_1 siempre es una hipótesis de diferencia, por lo que debe llevar la palabra diferencia o no es igual.
- Recordar que H_0 es la que vamos a probar.

Ejemplo. Sean H_0 := La distribución de la variable aleatoria es igual a la distribución Normal y H_1 := la distribución de la variable aleatoria es distinta a la distribución Normal.

Las Pruebas de Normalidad tienen como objetivo determinar qué tan apegada o distinta está la distribución de la muestra de datos observados si procedieran de una distribución Normal con la misma media y desviación estándar. La prueba que se usará para el desarrollo de este algoritmo en particular es la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, la cual se realizará a través una función ya establecida dentro del lenguaje de programación Rstudio.

Este test permite estudiar si la muestra proviene de un conjunto de datos con una distribución determinada. No esta limitada únicamente a la distribución Normal, sin embargo en este proyecto se usará para probar dicha distribución. Con este lenguaje de programación, la instrucción que ejecuta este test es `ks.test(base de datos, "pnorm", media, desviación estándar)`, donde `pnorm` es la instrucción que determina a qué distribución es con la que se va a comparar la muestra. En este caso la distribución normal.

Tiempos de paro

Un punto muy importante en la elaboración de este proyecto es la definición de los tiempos de paro óptimos para la simulación del precio de un activo. Los tiempos de paro hacen referencia a aquel momento en que se tiene un proceso estocástico y éste debe de ser parado en algún punto del tiempo n y se obtiene una "recompensa" o el precio óptimo. Es decir, en cada paso de la caminata aleatoria se debe decidir cuál es la mejor decisión, si continuar o parar el proceso. El fin es encontrar el tiempo de paro tal que el precio esperado del activo sea maximizado. Un problema de paro finito quiere decir que siempre, en algún momento entre 0 y N , el proceso tiene que parar. De no ser así, entonces forzosamente se detiene en N . Existen dos tiempos de paro esenciales que serán los utilizados para este algoritmo, los cuales son el Stop Loss y Take Profit. El primero es aquella barrera que delimita el valor más bajo al que se le permitirá al precio de la acción llegar y el segundo es aquella barrera que pone límite al valor más alto que se le permitirá llegar al precio del activo para garantizar una ganancia.

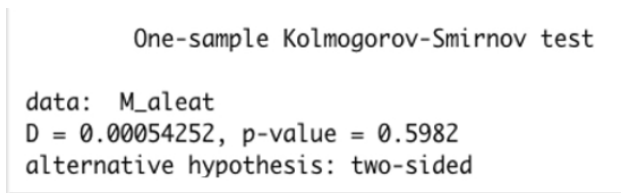


Figura 4 Codificación en RStudio de la prueba KS de una sola muestra.

3. ALGORITMO

La metodología detallada para la construcción del algoritmo fue la siguiente; es importante mencionar que en las secciones donde:

EtapA A: Construcción de matriz de trayectorias del precio del activo. Esta primera etapa se elaboró en el software de RStudio, la cual consiste en la construcción de la matriz de 20,000 trayectorias de los posibles escenarios en los que el precio de una acción podría comportarse en el periodo de tiempo determinado por el usuario, para así analizar cuál es el valor esperado de la misma. Por lo mencionado en el marco teórico, el modelo en el que se basó el algoritmo para la simulación del precio es el Modelo Browniano Geométrico, el cual requiere una batería de números aleatorios.

El primer paso fue crear una matriz de números con distribución Normal (0,1) con una función llamada: `rnorm(N, esperanza, desviación estándar)`, que en este caso se redujo a

$$\text{rnorm}(20000, 0, 1). \quad (2)$$

Sabemos ya que la distribución Normal Estándar tiene los parámetros de media nula y desviación estándar unitaria. Por lo que se utilizan estos números para determinar la función y N es el tamaño de la muestra que se quiere construir. En este caso en particular la matriz se construye con un ciclo `for`, por lo que la creación de cada aleatorio va uno por uno; así que el tamaño de la matriz de indica dentro del ciclo y no dentro de la función (2). Una vez creada esta matriz (a la cual llamaremos M_{aleat}), se debe comprobar que realmente los números se distribuyan de forma Normal, para esto se realiza una prueba de normalidad llamada Kolmogorov-Smirnov. Lo cual requiere la función `ks.test(Muestra, pnorm)` en la forma de `ks.test(M_aleat, pnorm)`. El resultado puede verse en la Figura 4.

Si el p -valor de la prueba es menor a 0.05, se rechaza la normalidad. Se puede observar aquí que el p -valor es

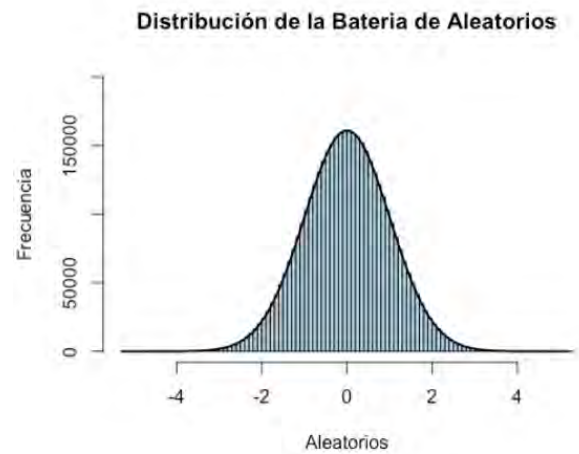


Figura 5 Distribución de batería de números pseudo-aleatorios.

0.59; por lo que se concluye que la muestra sí se distribuye de manera Normal. Esto se aprecia en la Figura 5. El paso a seguir una vez realizado esto, es la obtención de la información histórica del precio de la acción seleccionada para realizar este proyecto; la cual fue Facebook (FB). La información histórica del precio es la base para determinar los parámetros de la función de precios de la acción con la cual se construyó la matriz de trayectorias para estimar el precio esperado del activo.

La función de precios de un activo es $S(t) = S(0) + a\Delta t + bz(t)$, donde $z(t) = \epsilon(t)\sqrt{\Delta t}$, con $\epsilon(t) \sim N(0, 1)$. Por lo tanto la función de precios para cada paso en cada una de las trayectorias es

$$S(t_{k+1}) = S(t_k) \left(1 + \mu\Delta t + \sigma\epsilon(t_{k+1})\sqrt{\Delta t} \right), \quad (3)$$

donde $S(t_{k+1})$ es el precio del activo en el tiempo $k + 1$, σ es la volatilidad, $\mu = \sigma^2/2$, Δt es el período de tiempo para cada paso de la trayectoria y $\epsilon(t_{k+1})$ es un número pseudo-aleatorio proveniente de la distribución Normal estándar.

La información histórica de la acción de FB utilizada para la elaboración de este proyecto son las fluctuaciones del precio desde el 9 de noviembre de 2020, y hasta el 9 de noviembre de 2021. Vea la Figura 6. Los valores para los parámetros de la función para este algoritmo también se obtienen haciendo algunos cálculos con base en la información histórica de la acción; y son los siguientes:

$$\begin{matrix} q_s & \mu_s & d_s \\ Y_s & \begin{matrix} \text{Icono de persona y engranajes} \end{matrix} & A_s \\ I_s & \bar{a}_s & p_s \end{matrix}$$



Figura 6 Serie de tiempo del precio histórico de la acción de FB.

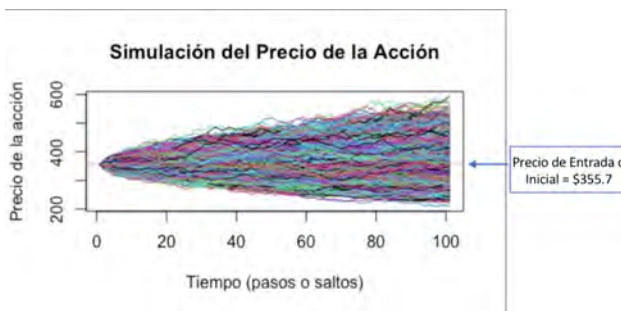
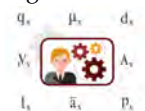


Figura 7 Simulación del precio de la acción de FB en un plazo dividido en cien pasos.

- $S(t_0) = 355.7$,
- $\sigma = 0.2839338$,
- $\mu = 1/2\sigma^2 = 0.0403092$,
- $\Delta t = 0.001984127 = 2.38$ meses,
- $\epsilon(t_{k+1})$ se almacena en la matriz M_{aleat} .

Una vez teniendo los parámetros para la función de precio, creamos la matriz de trayectorias del comportamiento del precio a futuro (un plazo de 2.38 meses), la cual se elabora a través de otro ciclo `for` que recorre veinte mil trayectorias y ejecuta (3) usando el valor de la acción del paso anterior $S(t_{k-1})$. Ya que la matriz está creada, se descarga la matriz en una hoja de cálculo para poder pasar a la siguiente etapa. Así, se puede visualizar la matriz M_{tray} , con una gráfica como la que se muestra en la Figura 7.



Etapas B: Definición de barreras o tiempos de paro óptimos. Esta etapa se elaboró en Excel, y comienza utilizando la matriz resultante de trayectorias de la Etapa A del algoritmo. Usando los valores de cada paso de las 20,000 trayectorias se establece una condición la cual consiste en delimitar los valores de cada paso con base en dos límites, los cuales llevan el nombre de Stop Loss (SL) y Take Profit (TP). Estos límites o niveles de paro son los que se definieron en la sección 2.

La condición que se aplica a toda la matriz S dará como resultado una nueva matriz con los precios de la acción. Sin embargo esta nueva matriz, la cual llamaremos S_{opt} , ya contiene la condición que establece los niveles de barrera delimitando así los nuevos precios de la acción dentro de los niveles de paro (SL y TP). La condición compara el valor de $S_{opt}(k-1)$, el cual es el valor de la matriz optimizada del paso anterior, con SL y TP; y en caso de ser igual a alguna de las dos barreras, entonces a partir de ese momento todos los valores consecuentes de esa trayectoria tomarán dicho valor al que es igual; ya sea SL o TP. En caso de que $S_{opt}(k-1)$ no sea igual a los niveles de barrera, entonces continuará a efectuar la segunda parte de la condición, la cual consiste en determinar el valor máximo entre $S_{opt}(k-1)$ y SL. Una vez determinado este valor, se compara ahora el mínimo entre este valor, y el TP. El valor resultante quedará registrado en la matriz optimizada en el lugar $S_{opt}(k)$.

Esta condición se ejecuta para cada salto de las 20,000 trayectorias. Dando como resultado la matriz S_{opt} , con los valores resultantes del último paso en el tiempo para todas las trayectorias se calcula el valor esperado del precio de la acción ya optimizado con los niveles de barrera. Al valor esperado se le llama VP_{opt} . Lo mismo se realiza para la matriz S , obteniendo de esta manera el valor esperado del precio de la acción antes de ser optimizada, el cual se identifica con el nombre de VP.

A continuación, usamos Solver para maximizar VP_{opt} , modificando los valores dados para SL y TP. Solver identifica cuáles son los SL y TP que hacen que aquellas trayectorias o escenarios que podrían generar pérdidas se topen en cierto nivel de SL para que no permita que la pérdida aumente conforme pasan los saltos del tiempo, sino que se frene en cierto nivel. Lo mismo para el nivel de TP, el cual es la barrera que delimita las utilidades del precio de la acción. Lo que hace es que al llegar a cierto nivel de TP o utilidades la trayectoria o escenario se tope ahí, para que en caso de que en los siguientes pasos, por el movimiento aleatorio, en la trayectoria original S baje el nivel de utilidades y se pierda un posible beneficio o mayor precio de la acción. Vea la Figura 8. Mostramos las

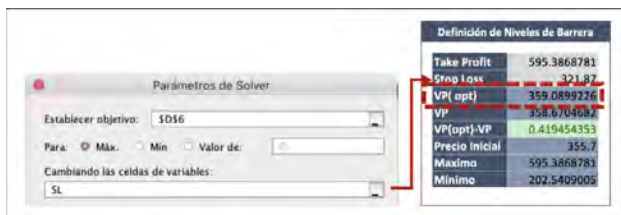


Figura 8 Visualización de Solver en Excel.



Figura 9 Muestra de las primeras 30 trayectorias en sus primeros veinte pasos.

primeras treinta trayectorias de la matriz S_{opt} (donde se observa el efecto de los niveles de barrera) en la Figura 9.

Como se puede observar en la Figura 9, las celdas en color rojo son las trayectorias en las que en determinado paso llegaron a tocar la barrera SL y para evitar que continúen a la baja, se topan y mantienen ese valor hasta el final o paso 100. También es importante recalcar, que aquellas celdas en el paso 20 que no han tocado el SL, sin embargo en el último paso mostrado (100) si están topadas con el SL (es decir, en color rojo) es porque muy probablemente en algún punto entre el tiempo 20 y 100, la trayectoria alcanzó el nivel de barrera y por lo tanto se topó llegando así al paso 100. Vea la Figura 10 Ya que se tienen los niveles de barrera óptimos, entonces el algoritmo ha terminado de ejecutarse. El siguiente paso es analizar los resultados de este, analizar todas aquellas trayectorias que si llegaron a tocar los niveles de barrera y quedaron con valores fijos hasta el final del plazo.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo, aplicamos el algoritmo al precio de la acción de FB con ciertos parámetros calculados con base en información histórica. Observamos lo siguiente.

Nuestra primera conclusión es que al realizar las distintas ejecuciones del Solver para determinar cuáles eran los niveles óptimos de barrera se encontró con que establecer un valor de Take Profit o Techo no aporta valor o beneficio al valor esperado del precio optimizado VP_{opt} .

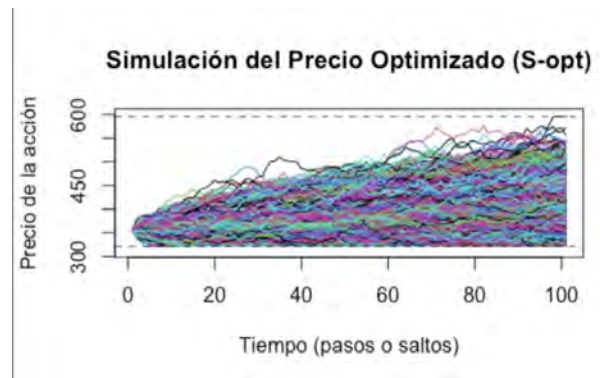


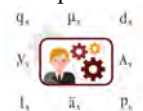
Figura 10 Trayectorias de la matriz S_{opt} con señalamiento en las barreras.

Esto sucede porque se observó que aquellas trayectorias que suben hasta llegar al TP no bajan en los pasos siguientes provocando pérdidas, al contrario, continúan aumentando. Al establecer un nivel de barrera TP lo que sucede es que limitas las utilidades que muy seguramente continuarían aumentando hasta llegar a su máximo, si la barrera no hubiera estado establecida. Por lo que no establecer TP no afecta de manera significativa al VP_{opt} .

También encontramos el nivel de barrera de SL óptimo para este ejercicio en \$321.87. Esto se debe a que valores arriba de este nivel óptimo encontrado disminuyen el valor de la acción porque esas trayectorias tocan la barrera pero inmediatamente después se recuperan y finalizan el periodo de tiempo (paso 100) en valores más altos que el SL. Por lo tanto, si el SL se determina con algún valor en el rango entre 355 y 322 entonces se detienen aquellas trayectorias que después de tocar el SL, si vuelven a subir. En consecuencia, el valor esperado de la acción VP_{opt} es menor al VP.

En el caso contrario, si se establece el tiempo de paro por debajo de \$321.87, las trayectorias que ya tocaron ese nivel, continuaran bajando conforme la trayectoria de los siguientes pasos. Muy difícilmente esas mismas podrán volver a subir para recuperar utilidades. Por esta razón, al establecer un nivel de barrera mas bajo el precio de la acción VP_{opt} sufrirá los mismos efectos; es decir, será menor que si se mantiene en \$321.87.

Se puede observar en la Figura 11 de escenarios resultantes del Solver, al determinar los posibles niveles de barrera para SL. Con la cual se pueden comparar los resultados de VP_{opt} cuando se establecen niveles por arriba o por debajo del nivel óptimo encontrado. Es importante



DISTINTOS ESCENARIOS DE NIVEL DE BARRERAS OBTENIDOS POR SOLVER					
Escenario	Take Profit	Stop Loss	VP-Opt	VP	Utilidad
0	595.3868781	321.87	359.0899226	358.6704682	0.419454353
1	595.3868781	321.8696706	359.0897936	358.6704682	0.419325374
9	595.3868781	321.872	359.0867655	358.6704682	0.416297232
4	595.3868781	321.8513755	359.0829814	358.6704682	0.412513136
10	595.3868781	322	359.0628822	358.6704682	0.392413922
13	595.3868781	322	359.0628822	358.6704682	0.392413922
3	595.3868781	322.1021886	359.0550399	358.6704682	0.384571669
7	595.3868781	322.1021886	359.0550399	358.6704682	0.384571669
15	595.3868781	322.1021886	359.0550399	358.6704682	0.384571669
11	595.3868781	321	359.0508596	358.6704682	0.380391326
2	595.3868781	318.9455159	359.0192855	358.6704682	0.348817228
6	595.3868781	318.9455159	359.0192855	358.6704682	0.348817228
12	595.3868781	319	359.0009757	358.6704682	0.330507437
5	595.3868781	318.6184169	359.0005318	358.6704682	0.330063614
14	595.3868781	280	358.713549	358.6704682	0.043080726

Figura 11 Distintos escenarios que se obtuvieron de los posibles niveles de SL y el nivel correspondiente de VP_{opt} .

recordar que el objetivo de este algoritmo es demostrar que por medio de niveles de barrera o tiempos de paro óptimos, el VP_{opt} resulta mayor al VP; dando mayores beneficios al inversionista.

Ahora bien, analizando unicamente aquellas trayectorias que en la matriz S_{opt} llegaron al nivel del SL siendo topadas para el resto de los pasos y comparando con los valores que hubieran resultado si la matriz no hubiera tenido nivel de barrera SL, la tercera observación es que, un total de 7,832 trayectorias llegaron al tiempo de paro de SL; lo cual representa un 39.16 % del total de las trayectorias. Asimismo, la distribución de los 7,832 precios de la matriz S que en la matriz S_{opt} sí toparon al nivel de SL, se ve en la Figura 12. Debido a que parecería que los datos en la Figura ?? no tienen una distribución Normal, se realizó una prueba de normalidad KS. El resultado está en la Figura 13.

Al comparar los precios a los que hubieran llegado dichas trayectorias si el nivel de SL no se hubiera establecido se puede ver en la Figura 14. La cual compara los posibles precio que S pudo haber alcanzado contra el nivel de SL establecido. A simple vista parecería que se produce un balance entre las trayectorias que sin el SL hubieran seguido bajando de precio y generado pérdidas vs. Las que después de tocar el SL se recuperan y generan beneficios. Sin embargo, realizando el cálculo de las proporciones se ven así, del 39.16 % de las trayectorias que toparon:

- El 54 % continúa disminuyendo su precio si no existiera el SL que detenga las pérdidas.
- El 46 % se recupera después de tocar el SL y sube su valor de precio si no se hubiera establecido la barrera



Figura 12 Distribución de los precios de la matriz S con base en las trayectorias que toparon en el nivel de barrera de la matriz S_{opt} .

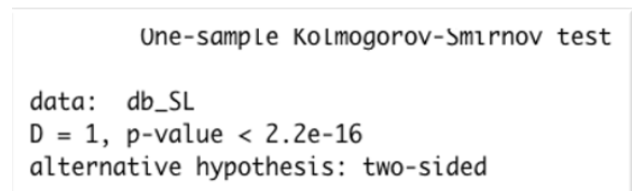


Figura 13 Esto indica, que efectivamente, estos precios no se distribuyen de forma Normal ya que el p -valor de la muestra es menor a 0.05.

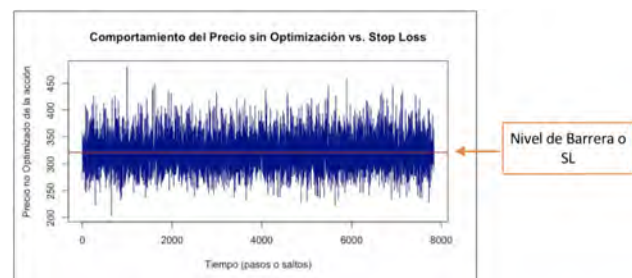


Figura 14 Comportamiento del precio no optimizado de las trayectorias topadas por la barrera SL contra el nivel stop loss.



Figura 15 Muestra de cien trayectorias comparando precio en la matriz S y S_{opt} .

del SL.

Nuestra cuarta observación es que el SL, en efecto, sí aporta valor al VP_{opt} . Esto es gracias a que la barrera limita las pérdidas, ya que de las trayectorias que si alcanzan la barrera el 54 % hubiera aumentado las pérdidas mientras que el 46 % se hubiera recuperado. Esto demuestra que existe un 8 % de oportunidad de mejorar el valor de la acción con el establecimiento de un nivel de SL óptimo. Porque también ya se demostró que si no se alcanza el nivel óptimo puede resultar perjudicial.

La figura 15 está basada en el tipo de gráfico de “Apertura y Cierre” dándole un enfoque distinto. La comparación de la gráfica muestra el valor final del precio de las trayectorias de la matriz S y el valor final de las trayectorias en matriz S_{opt} , es decir, optimizado. Haciendo visible aquellas trayectorias en las que la barrera perjudica o beneficia. Las velas negras son aquellas en las que se ocasiona una pérdida y las velas blancas en las que se logra un beneficio.

Por último, se podría decir que el trading activo no aporta grandes beneficios si se establece un Take Profit y únicamente se logra ver una diferencia en pocos casos cuando se establece un Stop Loss. Es importante recalcar que estos resultados están estrechamente relacionados con los parámetros y supuestos establecidos (μ, σ, Δ). Ya que los resultados cada vez que se ejecuta el algoritmo con el precio de acciones o información histórica distinta, hará que los precios simulados se comporten de manera distinta.

No obstante, también hay algunas otras consideraciones no menos importantes, por ejemplo que cuando tomas utilidades no es para dejar fuera, sino que esto causaría entrada de nuevo. Sin embargo eso hace que el modelo requiera una mayor complejidad.

REFERENCIAS

- Abellán, J., 2018 Hipótesis del mercado eficiente. *Economipedia* Disponible [aquí](#).
- Lei, A. and H. Li, 2009 The value of stop loss strategies. *Financial Services Review* **18**: 23–51.
- Microsoft-Soporte, s.f. Definir y resolver un problema con solver. Recuperado el Noviembre de 2021, de [aquí](#).
- Valencia-Magos, O., 2016 *Modelación de las variaciones del tipo de cambio peso-dólar*. BUAP, Puebla, México, Disponible [aquí](#).



Karla Cristina del Río González Aragón nació en Córdoba, Veracruz. Hoy tiene 24 años de edad. Estudió la Licenciatura en Actuaría en la Universidad Anáhuac México. Durante sus estudios realizó un intercambio en Francia durante seis meses, formó parte de la Asociación de Estudiantes de la Universidad y perteneció al grupo de Excelencia Vértice Anáhuac. Cursó un diplomado en Liderazgo y Desarrollo de Competencias Profesionales. Inició su experiencia laboral durante el 2020 con prácticas internacionales en el área administrativa de German Automotive Technology en Alemania. Posteriormente, en febrero de 2021, ingresó a laborar en la consultora Sintec, donde ejerce hasta el día de hoy como analista.



IDA A

INSTITUTO DE ANALÍTICA AVANZADA

El **Instituto de Analítica Avanzada** es parte integrante de la **Facultad de Ciencias Actuariales** de la **Universidad Anáhuac México**, enfocado en apoyar a las organizaciones mexicanas para aprovechar las oportunidades que presenta la era digital, extrayendo información accionable de la inmensa cantidad de datos disponibles, tanto internos como externos a la organización, con el objetivo de mejorar su desempeño.

Misión: Apoyar a las empresas e instituciones a mejorar su competitividad, eficiencia y capacidades mediante la capacitación, asesoramiento, desarrollo e implantación de soluciones en las áreas de analítica avanzada, modelos predictivos y cómputo cognitivo, así como en las diversas áreas actuariales financieras y de riesgo.

<https://www.anahuac.mx/mexico/EscuelasyFacultades/actuarial/idaa>

Facultad de Ciencias Actuariales

Informes :

Dr. Miguel A. Villalobos Bueno
miguel.villalobos@anahuac.mx
anahuac.mx/mexico

INVITADOS TRABAJANDO

**Atribución y contribución al
rendimiento con algoritmo de
suavizamiento multiperiodo de
Cariño**



Atribución y contribución al rendimiento con algoritmo de suavizamiento multiperiodo de Cariño

Eder Iván Díaz Soto^{*,1}

^{*} Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro

RESUMEN Este trabajo presenta una descomposición del rendimiento de un portafolio de inversión en términos de cada uno de sus componentes en cierto periodo a travé de la técnica de suavizamiento de Cariño. Este desarrollo se implementó recientemente para el análisis de los fondos de pensiones en México de manera interna en CONSAR y posteriormente se implementará en cada AFORE.

Palabras clave

Selección de portafolios
Fondeo de pensiones
Rendimiento

1. INTRODUCCIÓN

Hasta hace pocos años en los sistemas de pensiones en México los portafolios no estaban obligados a realizar análisis de atribuciones en sus portafolios. Esto ha ido cambiando en los recientes dos años. En particular, en la CONSAR me di a la tarea de proponer e implementar un proyecto para que todos los fondos de inversión del sistema de AFORE en México pudieran ser observados y analizados de manera más meticulosa y transparente, en términos del rendimiento del portafolio de inversión

Derechos reservados © 2021 por el Colegio Nacional de Actuarios
Última actualización del manuscrito: 15 de diciembre de 2021
Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.

¹ Autor de correspondencia. E-mail: eder.trading@gmail.com



donde están los recursos de los trabajadores.

El objetivo de este trabajo es sumar los rendimientos de cada instrumento a fin de obtener el mismo número del rendimiento acumulado del portafolio de inversión, sea para análisis posteriores de contribuciones (absoluto) y atribuciones (relativo) al rendimiento de dicho portafolio de inversión.

Antes de laborar en CONSAR, tuve la fortuna de trabajar en una Afore en particular y pude constatar que los administradores de portafolios no instrumentaban modelos adecuados para sus métricas de rendimiento y desempeño. Es importante señalar que al final de cada determinado periodo de tiempo (en la práctica en los fondos de pensiones es anual) se mide el rendimiento activo o alfa del portafolio y en base a ese resultado se paga un bono adicional al administrador y su equipo de trabajo. En el área en la cual laboraba (metodologías de riesgos financieros), implementé un desarrollo inicial para el cálculo del rendimiento activo (alfa) para los portafolios de acciones mexicanas (stockpicking) y FIBRAS mexicanas. Una vez logrado la aceptación de este método, en un segundo proyecto desarrollé el modelado e implementación de atribución al rendimiento (alfa), con el objetivo de entregar una herramienta de análisis útil para los administradores de portafolio. Actualmente estos algoritmos siguen en producción en los portafolios de pensión de esa AFORE.

Como dato anecdótico, la motivación que tuve para resolver el problema planteado se originó del disgusto del director de inversiones cuando entregué mis resultados con el cálculo del rendimiento activo anual y concluir que teníamos resultados por una diferencia de alrededor del 3 %, lo cual es una diferencia abismal. En tanto el equipo de inversiones presentó este en su comité anual un alfa de +2.5 %, mi resultado era alrededor de -0.8 % y como mencioné, esto genera un pago de bono que ya se había pagado, y así de años anteriores. Las diferencias entre ambos equipos hicieron contratar a un agente externo para valorar ambos métodos. Desde luego, siendo éste proyecto el que resultó correcto, sin ninguna observación. Con ello me di a la tarea de documentarme para profundizar y entregar al área de inversiones no solo un resultado, sino una herramienta de análisis para sus portafolios de inversión. Actualmente este reporte se genera semanalmente (todos los viernes con precios de cierre del jueves), incluso se genera un reporte mensual y anual que solicitó su comité y el comité de riesgos para su evaluación.

Si el lector quiere profundizar más en estos temas, recomiendo referirse a la literatura clásica de trabajos como Brinson *et al.* (1986); Brinson and Fachler (1985), princi-

palmente para temas relativos a modelos de un periodo, o trabajos como Cariño (1999); Menchero (2000); Menchero and Davis (2009); Frongello (2002) para modelos aritméticos multiperiodo, y finalmente Bacon (2008) para modelos geométricos multiperiodo.

Este trabajo aplicativo presenta una solución práctica para el cálculo de contribuciones y atribuciones de los instrumentos que componen un portafolio de inversión con un algoritmo de suavizamiento. Se debe tomar en cuenta que la suma aritmética de los retornos de cada instrumento que compone un portafolio de inversión, acumulando periodo por periodo, no es igual al retorno total acumulado del portafolio completo en el mismo horizonte de tiempo. Lo anterior se explica en la sección Algoritmo de suavizamiento de Cariño (contribuciones y rendimiento absoluto).

2. PRELIMINARES

Definición 1. Rendimiento absoluto. Se denomina rendimiento absoluto o simplemente rendimiento al que pertenece al portafolio administrado en cuestión. Se suele hacer énfasis en rendimiento absoluto para diferenciar del rendimiento relativo.

Definición 2. Contribución al rendimiento. Dado un portafolio de inversión compuesto por un número de instrumentos, el i -ésimo instrumento aporta o contribuye de manera positiva, negativa o neutra al rendimiento total del portafolio.

Una forma de parafrasear la Definición 2 es decir que se trata del conjunto de todos los instrumentos que conforman el portafolio.

Definición 3. Portafolio activo. Se le llama portafolio activo al portafolio administrado en cuestión. Es el portafolio por el cual un equipo técnico trabaja en conjunto en búsqueda de mejores rendimientos que los que ofrece el mercado.

Definición 4. Portafolio de referencia de mercado. También conocido como benchmark en inglés, cuando se tiene un portafolio de inversión activo, se define un perfil de inversión, un estilo y una estrategia. En este proceso también se define el portafolio de referencia para el cual el administrador tendrá como objetivo batir.

Definición 5. Rendimiento activo o relativo. Es la

$$\frac{q_t \mu_t d_t}{y_t \lambda_t} \frac{l_t a_t p_t}{\lambda_t}$$

resta aritmética entre el rendimiento del portafolio administrado y el rendimiento de un punto o portafolio de referencia de mercado (benchmark en inglés). También se denomina rendimiento activo, alfa o exceso de retorno en inglés.

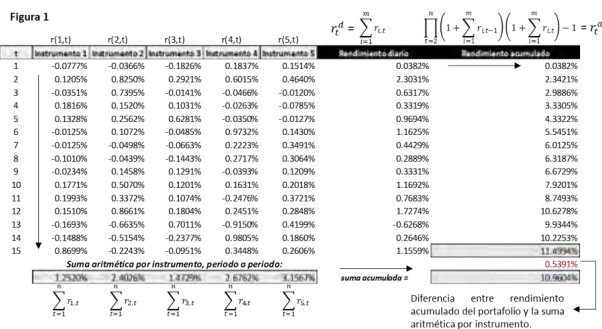
Cuando se habla de rendimiento relativo se debe pensar en dos rendimientos: el del portafolio en cuestión y el rendimiento de una serie de referencia para comparar el desempeño del rendimiento administrado.

Definición 6. Atribución al rendimiento. Tiene como objetivo juzgar al administrador del portafolio a través de un proceso de desfragmentación del rendimiento activo para un periodo de tiempo acumulado.

Definición 7. Algoritmo de suavizamiento. El algoritmo asigna pesos a las observaciones para lograr un ajuste en el resultado. Dichas ponderaciones dependen de un parámetro constante, conocido como parámetro de suavizamiento.

3. HILO CONDUCTOR

Por ahora, observemos en el ejemplo de la figura que se muestra a continuación, con el siguiente ejercicio práctico que se seguirá desarrollando a lo largo del documento. La suma de los rendimientos periodo a periodo por instrumento no es igual que el rendimiento acumulado del portafolio periodo a periodo:



Donde:

n : Número total de instrumentos que componen el portafolio de inversión.

m : Número total de periodos observados en el portafolio



de inversión.

$r(i, t)$: Rendimiento del i -ésimo instrumento en el portafolio, ponderado por su peso, en el periodo t .

r_t^a : Rendimiento acumulado del portafolio de inversión.

r_t^d : Rendimiento diario del portafolio de inversión.

t : Un periodo de tiempo.

Observe de manera resumida la figura siguiente. Note que los rendimientos de cada instrumento no pueden explicar el resultado del rendimiento acumulado en el mismo periodo de tiempo.

Figura 2

Instrumento 1	1.2520%	10.9604%	≠	Rendimiento Acumulado del Portafolio	11.4994%
Instrumento 2	2.4026%				
Instrumento 3	1.4729%				
Instrumento 4	2.6762%				
Instrumento 5	3.1567%				

Aunque en la práctica algunos PM utilizan este resultado (izquierda) para explicar el rendimiento acumulado del portafolio (derecha), es evidente que no es posible explicar con exactitud el rendimiento del portafolio, dado los rendimientos de cada instrumento que lo conforma para un periodo de tiempo acumulado. Y por lo tanto, es una mala práctica.

4. RENDIMIENTO ABSOLUTO Y RENDIMIENTO RELATIVO

El rendimiento absoluto (vea la figura siguiente) explica el comportamiento de un portafolio sin tomar en cuenta otras referencias de mercado. El rendimiento del portafolio se puede descomponer de diversas maneras. Por ejemplo, se pueden clasificar por: clase de activo (acciones, ETFs, FIBRAS, etc.), por sector (telecomunicaciones, finanzas, energía, industria, etc.), por país o región (Asia Pacífico, Norteamérica, Europa, etc.), por tipo de riesgo, entre otras.

Figura 3. Retorno absoluto

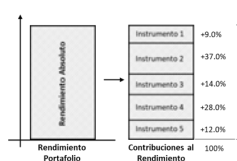
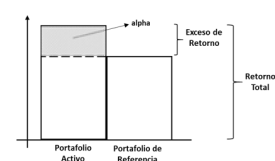


Figura 4. Retorno relativo



El rendimiento relativo (vea la figura 4) es una herramienta que se utiliza para juzgar el desempeño del

portafolio en relación a un punto de referencia del mercado, el cual se determina para comparar desde el primer periodo de la gestión del portafolio. A este portafolio de referencia se le conoce como benchmark (en inglés) o simplemente Portafolio de Referencia. Por ello, el rendimiento relativo/activo está dado como la resta aritmética entre el portafolio de inversión en cuestión y el portafolio de referencia asignado, también se conoce como α :

$$\alpha = R_p - R_b,$$

donde α representa el exceso de retorno, R_p es el retorno del portafolio activo, R_b es el retorno del portafolio de referencia (benchmark).

De esta manera, el administrador del portafolio tendrá como objetivo superar el rendimiento del portafolio de referencia asignado. Así, a la acción de descomponer ese número (alpha) del portafolio y explicarlo, se le conoce como análisis de atribución.

5. RETORNOS COMPUESTOS CONTINUAMENTE

Para n periodos en un año, podemos calcular la tasa efectiva de retorno r , como sigue:

$$r = \left(1 + \frac{\hat{r}}{n}\right)^n - 1,$$

donde r es la tasa efectiva de retorno, $\hat{r}$ es la tasa de retorno nominal y n es el total de periodos por año.

Si continuamos dividiendo en periodos de tiempo cada vez más pequeños, eventualmente encontraremos el retorno compuesto continuo (vea (Bacon 2008, p.28-29)

$$1 + r = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{\hat{r}}{n}\right)^n = e^{\hat{r}} \text{ y } \hat{r} = \ln(1 + r).$$

Según (Bacon 2008, p.29), una ventaja de los retornos compuestos continuamente es que son aditivos. El retorno total puede calcularse como sigue:

$$\ln(1 + r) = \ln(1 + r_1) + \dots + \ln(1 + r_n). \quad (1)$$

6. ALGORITMO DE SUAVIZAMIENTO DE CARIÑO (CONTRIBUCIONES Y RENDIMIENTO ABSOLUTO)

En (Colin 2014, p.1) se argumenta que si suponemos que un instrumento de inversión tiene un retorno r_1 en el primer periodo, y r_2 para el segundo periodo, el retorno

acumulado de los dos periodos es $(1 + r_1) \times (1 + r_2) - 1$, o también $r_1 + r_2 + r_1 r_2$. En otras palabras, el retorno acumulado es la suma aritmética de los dos retornos más el producto de ambos.

Por lo anterior, no es posible descomponer un retorno compuesto por más de un intervalo de tiempo en términos de una suma aritmética de los retornos individuales, es decir, de los retornos de cada uno de los instrumentos de inversión que conforman el portafolio. Sin embargo, resulta conveniente ajustar los rendimientos individuales (de cada instrumento de inversión) para lograr sumarlos consiguiendo el retorno acumulado del portafolio.

Considerando que es deseable que los retornos de los instrumentos del portafolio sumen aritméticamente el retorno acumulado del portafolio, se han desarrollado distintos métodos para lograrlo, conocidos como *algoritmos de suavizamiento*.

A partir de (1), Cariño introduce los siguientes factores k_t y k_T (vea (Bacon 2008, págs. 191-192)):

$$k_t = \frac{\ln(1 + r_t)}{r_t},$$

donde t es un periodo de tiempo, k_t es el factor de Cariño o transformación logarítmica de Cariño en el periodo t y r_t es el retorno de un periodo en el portafolio de inversión.

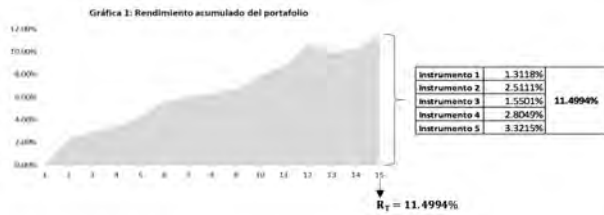
$$k_T = \frac{\ln(1 + r_T)}{r_T},$$

donde T es el último periodo observado, k_T es el factor de Cariño o transformación logarítmica de Cariño en el periodo T y r_T es el retorno acumulado en el portafolio de inversión.

7. CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO

Continuando con el ejemplo de la figura 1, lo que se requiere es poder sumar los rendimientos de cada instrumento, periodo por periodo, tal que dicha suma sea igual al rendimiento acumulado del portafolio de inversión. El resultado al que se quiere llegar se observa en la gráfica 1. Obsérvese que a diferencia de la figura 2, en la gráfica 1 sí se logra sumar cada rendimiento acumulado de los instrumentos que componen el portafolio de inversión utilizando la técnica de suavizamiento de Cariño (vea (Bacon 2008, p. 191)).





Donde R_T es el rendimiento acumulado del portafolio de inversión.

Para lograr esta suma, se incorpora el algoritmo de suavizamiento de Cariño en el ejemplo de la figura 1, obteniendo los siguientes resultados en la figura 5:

Figura 5

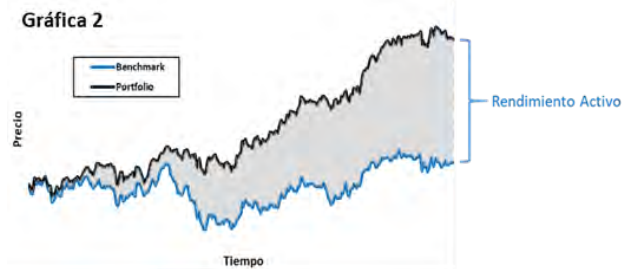
Acumulada (Ayer)	Rendimiento acumulada	$\ln(1+r_t^d)$		Periodo	Instrumento 1	Instrumento 2	Instrumento 3	Instrumento 4	Instrumento 5
		r_t^d	r_t^d						
0.0382%	0.0382%	0.999809	0.946562	1	-0.0803%	-0.0387%	-0.1928%	0.1940%	0.1599%
2.3031%	2.3421%	0.988658	0.988658	2	0.1259%	0.8617%	0.3031%	0.0262%	0.4046%
0.6317%	2.9838%	0.998655	0.988655	3	-0.0370%	0.7788%	-0.0499%	-0.0690%	-0.0127%
0.3310%	3.3150%	0.998344	0.988344	4	0.1915%	0.1603%	0.1088%	-0.0277%	-0.0628%
0.9694%	4.3322%	0.995184	0.985184	5	0.1397%	0.2694%	0.6604%	-0.0368%	-0.0134%
1.1625%	5.5452%	0.994232	0.984232	6	-0.0313%	0.1126%	-0.0509%	1.0222%	0.1502%
0.4429%	6.0125%	0.997792	0.987792	7	-0.0132%	-0.0525%	-0.0699%	0.2343%	0.3680%
0.2889%	6.3187%	0.998558	0.988558	8	-0.1066%	-0.0464%	-0.1522%	0.2867%	0.3232%
0.3311%	6.6729%	0.998338	0.988338	9	-0.0247%	0.1538%	0.1361%	-0.0414%	0.1275%
1.1602%	7.8331%	0.994199	0.984199	10	0.1861%	0.5325%	0.1362%	0.1713%	0.2126%
0.7683%	8.7493%	0.996178	0.986178	11	0.2098%	0.3549%	0.1131%	0.2606%	0.3916%
1.7274%	10.6278%	0.991461	0.981461	12	0.1582%	0.9072%	0.1809%	0.2567%	0.2983%
-0.6268%	9.9944%	1.003147	0.993147	13	-0.1794%	-0.7012%	0.7410%	-0.9660%	0.4405%
0.2640%	10.2253%	0.998679	0.988679	14	-0.1570%	-0.5438%	-0.2508%	1.0945%	0.1903%
1.1559%	11.4884%	0.994265	0.984265	15	0.9138%	-0.2254%	-0.0999%	0.3622%	0.2737%
Suma por instrumento, periodo a periodo:					1.4911%	2.5111%	1.5501%	2.8049%	3.3215%
					11.4994%				

Donde r_t^d es el rendimiento diario del portafolio de inversión, r_t^a es el rendimiento acumulado del portafolio de inversión, $r(i, t)$ es el rendimiento del i -ésimo instrumento en el periodo t , k_t es el factor de Cariño o transformación logarítmica de Cariño en el periodo t , k_T es el factor de Cariño o transformación logarítmica de Cariño en el periodo T .

Con los factores de Cariño es posible sumar los rendimientos de cada instrumento periodo a periodo para obtener el resultado del rendimiento acumulado del portafolio total.

8. ATRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO

El modelo de atribución al rendimiento con algoritmo suavizado de Cariño es un método utilizado para analizar y juzgar el desempeño de un portafolio activo relativo a un portafolio de referencia definido previamente. A diferencia de un análisis de contribución al rendimiento, ésta metodología desagrega el rendimiento activo o exceso de retorno, esto es, la resta entre el rendimiento del portafolio activo (valuado con precios de cierre de mercado) y el rendimiento del portafolio de referencia (también valuado a precios de cierre de sesión y conocido como benchmark), como se observa en la gráfica 2:



Portafolio activo

En el análisis de atribución al rendimiento no se toman en cuenta los costos de compra iniciales del portafolio activo y se valúa en términos de precios de cierre de mercado para poder hacer comparable el análisis con su portafolio de referencia. Para hacer mayor énfasis, al inicio de la evaluación, es decir, el primer periodo de cálculo, tanto el portafolio activo como el portafolio de referencia se miden tomando en cuenta los precios de cierre de mercado de cada componente de los portafolios. Dado que no existen precios de entrada para el portafolio de referencia, no sería posible poder hacer comparable el desempeño del portafolio activo con el portafolio de referencia.

Figura 6

Componente	Mercado			Portafolio Ayer (%)			Portafolio Hoy (%)		
	Ayer (\$)	Hoy (\$)	Rtn Hoy (%)	# Títulos Ayer	MtM Ayer (\$)	Peso Ayer (%)	# Títulos Hoy	MtM Hoy (\$)	Peso Hoy (%)
AMXL	14.85	14.46	2.1860%	12,121,161	\$ 171,635,636.74	17.68%	12,121,161	\$ 175,271,984.97	17.51%
AXTEL.CPO	2.55	2.7	5.8824%	33,928,848	\$ 86,518,562.68	8.91%	33,928,848	\$ 91,607,888.89	9.15%
BIMBO.A	36.22	36.72	4.2589%	3,949,954	\$ 139,117,390.77	14.33%	3,949,954	\$ 145,042,322.23	14.40%
CEMEX.CPO	7.99	7.8	-2.3780%	9,786,846	\$ 78,282,778.34	8.07%	9,786,846	\$ 76,430,957.63	7.64%
GMEXICO.B	46.88	46.35	-1.3410%	1,386,290	\$ 65,127,912.34	6.71%	1,386,290	\$ 64,254,549.53	6.42%
ICH.B	75.7	74.9	-1.0568%	827,895	\$ 62,671,662.55	6.46%	827,895	\$ 62,009,346.44	6.19%
GAP.B	191.31	188.73	-1.4412%	483,749	\$ 92,642,742.05	9.54%	483,749	\$ 91,307,595.23	9.12%
ALFA.A	14.25	17.76	24.5442%	4,029,348	\$ 57,458,501.43	5.92%	4,029,348	\$ 71,561,219.18	7.15%
FFMSA.LBD	187.25	186.85	3.0897%	759,643	\$ 137,685,277.09	14.18%	759,643	\$ 141,939,277.38	14.18%
BOLSA.A	37.39	38.23	2.2744%	2,132,210	\$ 79,510,106.05	8.19%	2,132,210	\$ 81,557,027.52	8.15%
				5,970,960,570.04		100.00%	6,100,982,210.00		100.00%

En la figura 6 se observa un ejercicio de un portafolio de inversión (portafolio activo), se toman los precios de cierre de mercado y las posiciones del portafolio (número de títulos) para computar el valor a mercado del portafolio (MtM) y posteriormente, el cálculo del rendimiento para el primer periodo observado. Continuando con el ejemplo de la figura 4, el retorno del portafolio para el primer periodo es:

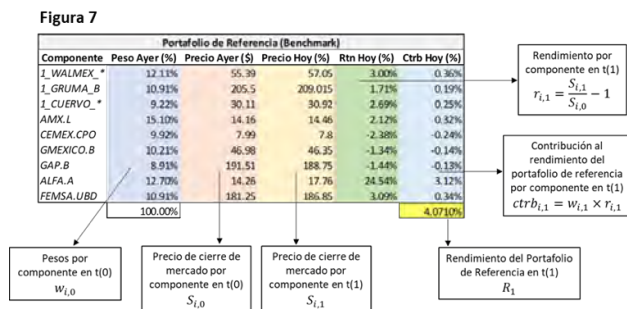
$$R_1 = \frac{MtM_1}{MtM_0} - 1 = \frac{1,000,982,210.00}{970,660,570.04} - 1 = 0.031238.$$

Cuando se dan compras/ventas parciales en el portafolio, es decir, comprar o vender títulos de un componente

que ya se encuentra en el portafolio de inversión, deben tomarse en cuenta los niveles en que se efectuó dicha transacción. Esto, con el objetivo de evaluar la gestión del administrador del portafolio para efectuar la operación, y la habilidad para entrar o salir a niveles óptimos dadas las condiciones del mercado. Esto es parte de la administración del portafolio y permite saber si las entradas/salidas parciales se están haciendo tomando precios de mercado que contribuyan positivamente o negativamente al valor del portafolio.

Portafolio de Referencia

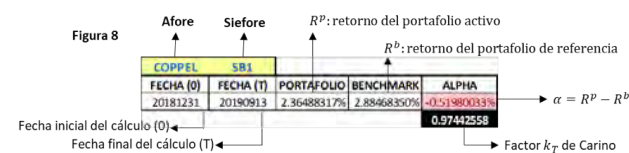
Para el caso del portafolio de referencia, se toman los datos del proveedor de precios que son dos: pesos y precios de cierre para cada uno de los componentes del portafolio. Suponga que se quiere calcular el primer periodo de retorno del portafolio de referencia:



De esta manera, el cálculo diario de los rendimientos del portafolio de referencia solamente implica el cómputo del producto de los pesos y rendimientos de cada componente (contribuciones), y la suma de las contribuciones para obtener su rendimiento diario.

Rendimiento activo

La primera parte del reporte de atribución al rendimiento genera los resultados del siguiente recuadro en el cual se pueden observar las características de rendimiento del portafolio activo (PORTFOLIO) y del portafolio de referencia (BENCHMARK):



Hasta este punto, es posible conocer el rendimiento acumulado del portafolio activo y del portafolio de referencia, así como el exceso de retorno del portafolio activo, es decir, es la diferencia del rendimiento acumulado del portafolio activo menos el rendimiento acumulado del portafolio de referencia.

Posteriormente, el exceso de retorno puede ser explicado principalmente por dos efectos (efecto interacción y efecto selección). Estos dos efectos se construyen a nivel instrumento, y posteriormente, la suma de los dos efectos para todos los instrumentos analizados (el conjunto de los instrumentos en el portafolio activo y todos los instrumentos del portafolio de referencia) deberá converger con el exceso de retorno del portafolio activo en el periodo de tiempo observado.

Descomposición del rendimiento activo

La técnica de atribución al rendimiento descompone el exceso de retorno en dos efectos (asignación y selección), y permite observar y juzgar el impacto de las decisiones del Administrador del Portafolio (PM por sus siglas en inglés) relativo a su portafolio de referencia.

En la práctica, los efectos Asignación (A) y Selección (S), al ser calculados instrumento por instrumento genera pequeñas diferencias por ejemplo, por el número de decimales utilizado para valorar cada instrumento. Es por ello que, en la siguiente relación, existe una aproximación en la suma de los dos efectos al compararlo con la resta de los rendimientos acumulados de ambos portafolios (portafolio activo y portafolio de referencia). De este modo:

$$\alpha_t = R_{p,t} - R_{b,t} \approx A_t + S_t, \quad (2)$$

donde $R_{p,t}$ es el rendimiento acumulado del portafolio activo en el periodo t , $R_{b,t}$ es el rendimiento acumulado del portafolio de referencia en el periodo t , A_t es el efecto asignación en el periodo t , S_t es el efecto selección en el periodo t .

La ecuación (2) también implica que el error tiende a cero.

$$(R_{p,t} - R_{b,t}) - (A_t + S_t) < \varepsilon \text{ cuando } \varepsilon \rightarrow 0,$$

donde $R_{p,t}$ es el rendimiento acumulado del portafolio activo en el periodo t , $R_{b,t}$ es el rendimiento acumulado del portafolio de referencia en el periodo t y ε es el error en que incurrimos al aproximar.

Otra manera de escribir con una igualdad es agregando el efecto Interacción (I), este efecto es precisamente esa diferencia que no se puede explicar por la variación en



los cálculos de valuación instrumento por instrumento del portafolio:

$$\alpha_t = R_{p,t} - R_{b,t} = A_t + S_t + I_t,$$

donde I_t es el efecto interacción en el periodo t y S_t es el efecto selección en el periodo t .

Asignación y Selección

El análisis de atribución se define como la verificación, descripción y cuantificación de factores clave de los rendimientos en los portafolios de inversión. Vea (Wermers 2013, pág. 395).

Supongamos, que en las proyecciones del administrador del portafolio, se considera que debe tener mayor peso en ciertos instrumentos de inversión relativos al peso que tiene su portafolio de referencia sobre esos instrumentos, también se conoce como sobre ponderar el portafolio activo en relación con el portafolio de referencia. También puede suceder el caso contrario, y prever que habrá una caída en algunos instrumentos; entonces decide vender parte de esos instrumentos que tiene en el portafolio, es decir, sub ponderar el portafolio de referencia en relación con su portafolio de referencia. Estas decisiones de sobre y sub ponderar el portafolio de inversión en relación con el portafolio de referencia son las decisiones de Asignación (vea (Bacon 2008, pág. 125)):

$$A_t = \sum_i (W_{t,i}^p - W_{t,i}^b) \times (R_{t,i}^p - R_{t,i}^b), \quad (3)$$

donde A_t representa el efecto Asignación del portafolio en el periodo t , $W_{t,i}^p$ es el peso del i -ésimo instrumento en el portafolio activo en el periodo t , $W_{t,i}^b$ es el peso del i -ésimo instrumento en el portafolio de referencia en el periodo t , $R_{t,i}^p$ es el rendimiento del i -ésimo instrumento en el portafolio activo en el periodo t y $R_{t,i}^b$ es el rendimiento del i -ésimo instrumento en el portafolio de referencia en el periodo t .

El siguiente paso en el proceso de inversión es selecciones instrumentos en las que el administrador del portafolio quiere invertir y no están en el portafolio de referencia, y también en las que quiere vender que sí están en el portafolio de referencia. Esta decisión también es evaluada y se conoce como Selección (vea (Bacon 2008, pág. 128)):

$$S_t = \sum_i W_{t,i}^p \times (R_{t,i}^p - R_{t,i}^b), \quad (4)$$



donde S_t es el efecto Selección del portafolio en el periodo t .

Retomando (2), la aproximación de la suma de los dos efectos Asignación y Selección, se debe porque en la práctica en las instituciones financieras utilizan diversos proveedores de datos y comparten información con distintos números de decimales hace que al valuar portafolios con un gran número de instrumentos, pueda existir una variación en decimales, y esto varía con las metodologías y decimales que utilizan para valuar el precio diario del portafolio de inversión al cierre de mercado, a esta variación se le llama Interacción.

9. ALGORITMO DE SUAVIZAMIENTO DE CARIÑO (ATRIBUCIONES Y RENDIMIENTO RELATIVO)

Si en (1), llamamos rendimiento del portafolio a r , y rendimiento del portafolio de referencia a b , tenemos la siguiente expresión:

$$\ln(1+r) - \ln(1+b) = \sum_{k=1}^n (\ln(1+r_k) - \ln(1+b_k)).$$

A partir de esta relación, Cariño introduce los factores k_t y k_T (vea (Bacon 2008, pág. 191)):

$$k_t = \frac{\ln(1+r_t) - \ln(1+b_t)}{r_t - b_t}, \quad (5)$$

$$k_T = \frac{\ln(1+r_T) - \ln(1+b_T)}{r_T - b_T}. \quad (6)$$

Incorporando (5) y (6) a los efectos asignación en (3), y selección en (4) definimos el efecto Asignación para el i -ésimo instrumento con factor de Cariño en tiempo T ,

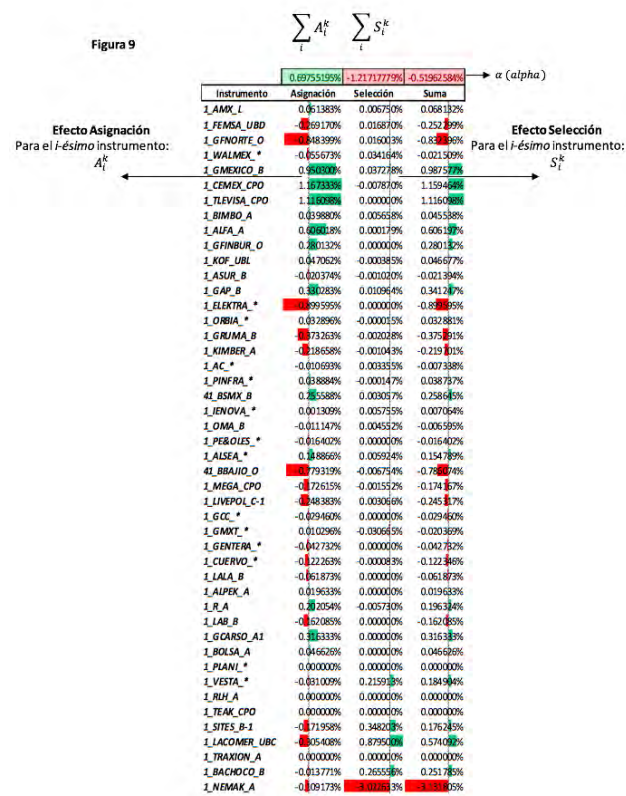
$$A_i^k := \sum_t A_{t,i} \times \left(\frac{k_t}{k_T} \right),$$

y la Selección con factor de Cariño para el i -ésimo instrumento en el periodo T :

$$S_i^k := \sum_t S_{t,i} \times \left(\frac{k_t}{k_T} \right).$$

Continuando con el ejemplo de la figura 8, ésta es la segunda parte del reporte de atribución al desempeño del portafolio de inversión en relación con el comportamiento de su portafolio de referencia. En la figura 9 se observa a detalle como la suma aritmética del efecto Asignación más el efecto Selección, es igual a la diferencia aritmética del rendimiento del portafolio de inversión menos el

rendimiento del portafolio de referencia, en el mismo periodo de tiempo.



10. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se introdujeron los conceptos de Atribución y Contribución al rendimiento de un portafolio de inversión. De hecho, el concepto de Atribución no es nuevo, tiene décadas en estudio. En particular, implementar el algoritmo de suavizamiento de Cariño, es decir, incorporar la transformación logarítmica que propone para hacer posible que los efectos de Asignación y Selección sumen de manera natural el exceso de retorno del portafolio de inversión en cuestión, es una labor ardua, especialmente con portafolios que se componen por varios cientos o incluso miles de instrumentos. Existen algunos factores externos que pueden impactar en los cálculos y resultados, por ejemplo, el número de decimales que entrega uno u otro proveedor de datos o valuador, si los valuadores utilizan decimales truncados

para sus valuaciones, por mencionar algunos. Este trabajo presenta los pormenores del análisis interno condicido en la CONSAR para el problema estudiado. Un paso a dar en lo sucesivo será publicarlo en el Régimen de Inversión aplicable para todo el sistema de pensiones en México.

A. ANEXOS

Esta sección presenta el reporte final de los cálculos obtenidos para el sistema de pensiones en México. En este primer recuadro, es natural observar que las Siefiores SB0 tenga el menor riesgo con el menor rendimiento, después, en la medida en qué cambian las composiciones de las Siefiores de acuerdo a su perfil de riesgo – rendimiento, los valores corresponden no solo a esto, sino también a la estrategia y habilidades del administrador de portafolio, de ahí la relevancia por estudiar esto último con mayor interés.

Periodo analizado: 31/12/2018 al 31/12/2019

	Ranking en el Sistema		Ranking en el Sistema				
	Rendimiento	Riesgo	Rendimiento	Riesgo			
SB0	AZTECA SB0	7.500%	4	0.320%	2	44	42
	CITI SB0	7.547%	1	0.321%	8	41	48
	COPPEL SB0	7.505%	5	0.322%	7	43	47
	INBURSA SB0	7.467%	10	0.323%	5	39	12
	INVERCAP SB0	7.448%	9	0.320%	9	40	36
	PensionInSSTE SB0	7.496%	5	0.326%	5	40	41
	PRINCIPAL SB0	7.460%	8	0.317%	10	40	50
	PROFUTURO SB0	7.493%	6	0.323%	6	46	49
	SURA SB0	7.480%	7	0.328%	4	47	34
	XII Banorte SB0	7.510%	2	0.330%	1	42	41
SB1	AZTECA SB1	11.541%	1	2.614%	1	27	24
	CITI SB1	11.232%	5	2.575%	4	29	27
	COPPEL SB1	10.330%	8	2.646%	5	32	29
	INBURSA SB1	8.786%	9	1.540%	9	38	27
	INVERCAP SB1	8.724%	10	1.375%	10	39	40
	PensionInSSTE SB1	10.872%	2	1.905%	6	31	35
	PRINCIPAL SB1	11.492%	4	2.774%	3	28	36
	PROFUTURO SB1	10.580%	6	2.610%	2	30	25
	SURA SB1	11.755%	2	2.608%	3	26	26
	XII Banorte SB1	11.825%	1	2.140%	7	28	32
SB2	AZTECA SB2	13.505%	4	3.533%	1	16	9
	CITI SB2	14.053%	3	3.251%	2	11	13
	COPPEL SB2	11.882%	8	3.235%	4	25	18
	INBURSA SB2	8.567%	10	1.479%	9	40	38
	INVERCAP SB2	8.015%	9	1.472%	10	37	36
	PensionInSSTE SB2	13.203%	5	3.214%	3	18	11
	PRINCIPAL SB2	12.743%	7	2.975%	5	22	20
	PROFUTURO SB2	13.113%	6	3.238%	4	20	14
	SURA SB2	13.770%	3	2.087%	5	13	19
	XII Banorte SB2	14.462%	1	2.715%	7	7	23
SB3	AZTECA SB3	13.950%	5	3.668%	1	14	8
	CITI SB3	14.335%	4	3.421%	2	9	10
	COPPEL SB3	12.489%	8	3.533%	2	21	8
	INBURSA SB3	9.275%	10	1.810%	10	36	36
	INVERCAP SB3	8.740%	9	1.927%	9	34	34
	PensionInSSTE SB3	14.535%	2	2.947%	7	6	21
	PRINCIPAL SB3	13.104%	7	3.231%	5	19	15
	PROFUTURO SB3	13.313%	6	3.157%	4	17	12
	SURA SB3	14.576%	1	3.203%	6	6	16
	XII Banorte SB3	14.871%	3	2.811%	8	9	22
SB4	AZTECA SB4	15.404%	6	5.842%	9	12	3
	CITI SB4	15.385%	2	4.160%	1	2	1
	COPPEL SB4	12.994%	8	3.609%	2	21	2
	INBURSA SB4	9.620%	10	1.076%	10	35	38
	INVERCAP SB4	10.222%	9	2.459%	9	18	28
	PensionInSSTE SB4	15.194%	3	3.603%	7	5	11
	PRINCIPAL SB4	13.528%	7	3.734%	5	15	5
	PROFUTURO SB4	14.232%	5	3.837%	4	10	4
	SURA SB4	14.890%	4	3.033%	6	4	7
	XII Banorte SB4	15.438%	1	3.173%	8	1	17

En la siguiente tabla se observa el rendimiento del periodo para cada fondo, desagregando su rendimiento por clase de activo: Físico y Derivado.



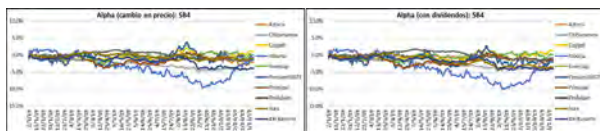
Stockpicking: AFORE	Activo Neto (\$)	Stockpicking (%)	Stockpicking (\$)
AZTECA	102,861,646,120.34	5.47%	5,628,162,041.81
CITI	700,526,843,238.50	6.70%	46,910,773,934.44
COPPEL	245,802,477,695.64	11.47%	28,185,770,905.10
INBURSA	128,370,159,447.00	5.68%	7,286,579,061.96
INVERCAP	183,205,395,868.58	3.85%	7,056,410,685.39
PensionISSSTE	222,999,053,815.61	3.68%	8,214,250,329.70
PRINCIPAL	249,798,027,970.92	3.19%	7,962,018,502.04
PROFUTURO	565,042,251,520.06	1.88%	10,623,287,867.28
SURA	566,577,464,276.21	5.57%	31,560,788,171.03
XXI Banorte	763,312,419,623.85	5.06%	38,626,235,763.35

[illegible]

Figure 1 consists of two line charts. The left chart is titled 'Alpha (combined world) 182' and the right chart is titled 'Alpha (con disbanding) 182'. Both charts show the time series of alpha for various countries from 2007 to 2015. The y-axis for both charts ranges from 0.00% to 0.10%. The x-axis for both charts shows years from 2007 to 2015. The legend for both charts includes: Belarus, Brazil, Canada, China, France, Germany, India, Italy, Japan, Korea, Mexico, Russia, South Africa, Sweden, Taiwan, Thailand, UK, USA, and World Bank's. The charts show that alpha values are generally low and stable, with some fluctuations over time. The 'World Bank's' line is consistently the highest, while the 'USA' line is consistently the lowest.

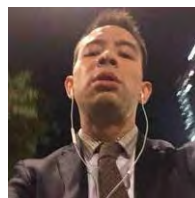
Stocking (kg)	Active Net (€)	Stocking (%)	Reproduction per pair per year in pairs				Reproduction assuming one chick per pair			
			Reproduction Pair	Reproduction Pair	Reproduction Pair	Reproduction Pair	Reproduction Pair	Reproduction Pair	Reproduction Pair	Reproduction Pair
ATTEA	32,445,941.263.30	5.41%	2,189,271	2,203,947	2,193,047	2,193,047	5,819,018	5,819,018	5,819,018	5,819,018
COPPE	21,400,000.000.00	6.43%	2,189,271	2,203,947	2,193,047	2,193,047	5,819,018	5,819,018	5,819,018	5,819,018
COFFA	60,523,448.902.38	5.63%	2,189,271	2,203,947	2,193,047	2,193,047	5,819,018	5,819,018	5,819,018	5,819,018
INDURA	37,375,372.820.67	6.25%	2,189,271	2,203,947	2,193,047	2,193,047	5,819,018	5,819,018	5,819,018	5,819,018
INDURA	2,204,812.812.81	6.25%	2,189,271	2,203,947	2,193,047	2,193,047	5,819,018	5,819,018	5,819,018	5,819,018
PERFUMASITE	48,864,172.812.43	6.25%	2,189,271	2,203,947	2,193,047	2,193,047	5,819,018	5,819,018	5,819,018	5,819,018
PERFUMASITE	3,200,000.000.00	5.99%	2,189,271	2,203,947	2,193,047	2,193,047	5,819,018	5,819,018	5,819,018	5,819,018
PERFUMASITE	205,064,146.902.38	1.90%	2,189,271	2,203,947	2,193,047	2,193,047	5,819,018	5,819,018	5,819,018	5,819,018
SUNA	188,596,200.000.00	5.99%	2,189,271	2,203,947	2,193,047	2,193,047	5,819,018	5,819,018	5,819,018	5,819,018
SUNA	2,612,812.812.81	5.13%	2,189,271	2,203,947	2,193,047	2,193,047	5,819,018	5,819,018	5,819,018	5,819,018

Ranking: S&P	Active Net (B)	Stockpicking (%)	Rendimientos acumulados por cambio en precio			Rendimientos acumulados con dividendos		
			Rendimiento Port	Rendimiento Bench	Alpha	Rendimiento Port	Rendimiento Bench	Alpha
AZTECA	27,822,082,715.13	7.26%	0.29420%	-0.20750%	-0.51142%	0.33324%	-0.20750%	-1.74412%
CIT	257,009,810,368.99	7.46%	0.35840%	-0.20750%	-3.84520%	0.31800%	-0.20750%	-3.78040%
COMPEL	129,610,248,571.18	10.88%	0.55960%	-0.20750%	-0.91117%	0.342750%	-0.20750%	-1.32071%
INDUSIA	16,091,830,803.16	7.71%	0.31870%	-0.20750%	-3.88040%	0.33010%	-0.20750%	-3.7729%
IVVERCAP	41,703,397,488.23	6.74%	0.43717%	-0.20750%	-0.37940%	0.388180%	-0.20750%	-0.57440%
Parasurveste	68,637,181,818.80	4.70%	0.37510%	-0.20750%	-0.61171%	0.35114%	-0.20750%	-1.21020%
PRONUR	41,362,151,883.13	4.40%	0.40530%	-0.20750%	-0.34430%	0.40820%	-0.20750%	-1.40090%
PROFUTURO	99,453,685,323.65	2.04%	0.53871%	-0.20750%	-1.07890%	0.407380%	-0.20750%	-1.67080%
SURA	144,676,211,051.43	6.06%	0.28840%	-0.20750%	-0.51020%	0.307940%	-0.20750%	-1.66570%
XII Banorte	151,845,750,975.39	5.95%	0.34600%	-0.20750%	-0.58410%	0.34840%	-0.20750%	-0.59490%



REFERENCIAS

- Bacon, C., 2008 *Practical Portfolio performance measurement and attribution*. Wiley Finance, West Sussex, England.
- Brinson, G. P. and N. Fachler, 1985 Measuring non-us equity portfolio performance. *Journal of Portfolio Management* **Spring**: 73–76.
- Brinson, G. P., R. Hood, and G. Beebower, 1986 Determinants of portfolio performance. *Financial Analysts Journal* **42(4)**: 39–44.
- Cariño, D., 1999 Combining attribution effects over time. *Journal of Performance Measurement* **Summer**: 5–14.
- Colin, A., 2014 *Portfolio Attribution for Equity and Fixed Income Securities*. Flametreeia, Tasmania.
- Frongello, A. S., 2002 Attribution linking: Proofed and clarified. *Journal of Performance Measurement* **7(1)**: 54–67.
- Menchero, J. G., 2000 An optimized approach to linking attribution effects over time. *Journal of Performance Measurement* **5(1)**: 36–42.
- Menchero, J. G. and B. Davis, 2009 Multi-currency performance attribution. *Journal of Performance Measurement* **14(1)**: 45–55.
- Wermers, B., 2013 *Performance Evaluation and Attribution of Security Portfolios*. Academic Press, Kidlington UK.



Eder Iván Díaz Soto es actualmente subdirector en metodologías en la Dirección General de Planeación Financiera y Estudios Económicos en CONSAR. Anteriormente fungió como responsable de riesgos de renta variable en Afore XXI Banorte (2015–2019). Desarrolló una empresa llamada Lazy Trader, dedicada a la operación de futuros con contratos mini en Chicago Mercantile Exchange (CME) mediante la construcción y desarrollo de algoritmos numéricos. Eder es financiero bursátil egresado de la Escuela Bancaria y Comercial, cuenta con una segunda licenciatura en Finanzas Corporativas por la misma universidad. Estudió una maestría en Métodos Matemáticos para Finanzas Cuantitativas por la Universidad Anáhuac México. Actualmente estudia una licenciatura en Matemáticas por la UNADM. Tiene experiencia en lenguajes de programación como Matlab, VBA, C#, Python, entre otros.





La Facultad de Ciencias Actuariales de la Universidad Anáhuac México te invita a sus sesiones mensuales de: "VISIÓN ACTUARIAL SOBRE LA INNOVACIÓN, LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO"

FECHA	EXPOSITOR	ADSCRIPCIÓN	TÍTULO
Enero 2022	Dr. José Eliud Silva Urrutia	Investigador en la Universidad Anáhuac México	Por definir
Febrero 2022	Dra. Beatris Adriana Escobedo Trujillo	Investigadora en la Universidad Veracruzana	Aplicaciones de control y juegos estocásticos en economía y actuaría
Marzo 2022	Dr. Robert Hernández Martínez	Investigador de la Universidad Nacional Autónoma de México	Collecting and refining data from The New York Times using IBM Watson Studio in Cloud Pak for Data
Abril 2022	Mtro. Mario Sánchez González	UNAM	Ecuación Replicadora Estocástica. Fundamentos y aplicaciones
Mayo 2022	Dr. Manuel Alejandro Jiménez Lizárraga	Profesor investigador en la UANL	La noción de incentivo en la teoría de control

<https://www.anahuac.mx/mexico/EscuelasyFacultades/actuarial/seminarios-de-investigacion>



COLEGIO
NACIONAL
DE ACTUARIOS

MÉXICO