UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY

VICERRECTORADO ACADÉMICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA COMPUTACION

MODELO MATEMÁTICO PARA LA EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS MEDIANTE EL TEOREMA DE LIAPUNOV

PRESENTADO POR:

Los bachilleres: Julio Antonio Rodríguez CI: 29739621

Julio José Rodríguez CI: 29739622

TRUJILLO, 2022

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY

VICERRECTORADO ACADÉMICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE COMPUTACION

MODELO MATEMÁTICO PARA LA EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS MEDIANTE EL TEOREMA DE LIAPUNOV

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMPUTACIÓN

PRESENTADO POR:

Los bachilleres: Julio Antonio Rodríguez y Julio José Rodríguez

TUTOR:

DRQA. MARIA TERESA BRAVO

TRUJILLO, 2022

VICERRECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

VEREDICTO

Nosotros, **Prof. Hugo Torres, Profa. Liliana Rivera, y Prof. María Teresa Bravo,** designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo de Grado titulado **"MODELO MATEMÁTICO PARA LA EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS MEDIANTE EL TEOREMA DE LIAPUNOV"** que presenta el bachiller: **Julio José Rodríguez Gutiérrez**, portador de la C.I. Nº 29.739.622, nos hemos reunido para revisar dicho trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondientelo hemos calificado con: Diecisiete **(17)** puntos, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Momboy, referente a la evaluación de los Trabajos de Grado para optar al título de Ingeniero en Computación.

En fe de lo cual firmamos en Valera a los nueve (09) días del mes de noviembre del dos mil veintidós (2022).

Profa. Liliana Rivera
C.I. 13.048.877
JURADO

Profa. Maria T. Bravo
C.I 9.016.405
TUTOR

Prof. Hugo Torres
C.I. 11.128.768
PRESIDENTE DEL JURADO

Universidad Valle del Momboy
Facultad de Ingeniería

Profa. Marilyn Briceño.
C.I:. 13.205.436
DECANO

Universidad Valle del Momboy
Vicerrectorado

Profa. Ana Linares
C.I: 9.013.217
VICERRECTORA ACADEMICA

DEDICATORIA

Nos sentimos orgullosos de poder dedicar nuestro esfuerzo y nuestra felicidad a:

A nuestra madre María Gregoria y padre Julio, que nos han brindado su amor, apoyo y su valiosa amistad, necesitaremos más de cien vidas para agradecerle todo lo que han hecho por nosotros; es imposible imaginarse que pueda existir unosPadres tan especiales como ellos.

A nuestra hermana Celsy Alejandra la amamos y la adoramos.

Al Consejo Directivo, Académico y Personal de la Universidad Valle del Momboy por acompañarnos en el transcurso y finalización de nuestra carga académica brindando en todo momento todo su apoyo para cualquier duda o inquietud presenta en la realización del siguiente trabajo, como también por demostrar ser profesionales impecables en todo momento.

A la empresa Tesla technology por arroparnos a nivel profesional, brindarnos la oportunidad de adquirir experiencia laboral, como también teórica brindando todo su apoyo durante la realización de nuestra investigación, sin embargo, la misma adoptara nuestro tema para aplicaciones futuras confiando plenamente en nuestro potencial.

Julio Antonio y Julio José

AGRADECIMIENTO

A Dios que sin su luz no hubiese podido alcanzar esta meta y quiero agradecer este momento de felicidad a:

Queremos agradecer a la completa institución Valle del Momboy que gracias a ellos con el conjunto de profesores, personal administrativoy alumnos podemos estar hoy en dia aquí

A la Dra. María Teresa Bravo, por su valiosa colaboración como Tutor Académico de este trabajo, además de brindarnos su apreciada experiencia y conocimientos; le agradecemos en el alma por su colaboración y paciencia.

A la profesional Marylin Briceno por brindarnos asesoramiento en cada etapa de la investigación, resolviendo nuestras dudas e inquietudes, y aconsejándonos para mejorar día a día.

A la empresa Tesla TechnologyC.A., por la confianza, apoyo y consideración recibida, en especial al Ingeniero José Carrero tutor empresarial, quien nos acogió en la fila de esta organización concediéndonos la oportunidad de formar parte de este gran equipo, y que hizo posible gran parte de este logro.

A nuestros compañeros y alumnos ingresados en la Universidad Valle del Momboy, que durante el proceso hicieron el transcurso académico ameno, divertido y brindaron apoyo convirtiéndose en una familia.

Igualmente, a nuestra familia que siempre nos ha a apoyado en todo momento paso por paso al momento previo de llegar este día.

A todos Muchas Gracias…

ÍNDICE GENERAL

p.p

RESUMEN

El estado actual de las enfermedades infecciosas en el mundo y en particular en Venezuela, es bastante preocupante en virtud de que tiene ocupados a la ciencia con sus investigadores científicos y enel grado de desestabilidad en la vida de las personas. No obstante, la presente investigación tiene como propósito el de aplicar la teoría del teorema de Liapunov utilizando las ecuaciones diferenciales en enfermedades infecciosas para conocer su estabilidad. Para ello se utilizó en su metodología la investigación documental con una revisión bibliográfica que comprende de textos matemáticos de orden superior, contentivos de las ecuaciones diferenciales de distintos ordenes, además de un compendio de información digital de autores originales que reposan en los distintos sitios web que existen en las plataformas que contienen artículos científicos y otros. de los resultados obtenidos se obtuvo un modelo matemático al aplicar el teorema anteriormente mencionado, dejando así un aporte más al compendio de modelos matemáticos existentes para ser utilizados en cualquier tipo de enfermedad infecciosa que promulgue una epidemia ,llevando a los investigadores a una toma de decisiones que contribuya al control y eliminación de estos flagelos.

Igualmente, es importante recalcar la importancia de tomar en cuenta las enfermedades infecciosas en la actualidad, ya que hemos vivido en un mundo afectado de estas patologías trayendo consigo consecuencias e inactividad comercial de todos los gobiernos y países del mundo. Sin embargo, cuando se toca el tema médico o relacionado con el área de la salud como las enfermedades infecciosas nos referimos a todos aquellos organismos infecciosos qué generan problemáticas en nuestro sistema como lo son los virus, las bacterias o los hongos. Entonces, esto nos da a entender que no solo las pandemias mundiales recientes como el Covid 19 son consideradas enfermedades infecciosas sino también trastornos como: El sarampión, dengue, tuberculosis, Hepatitis, SIDA entre muchas otras, en resumen, todas aquellas

enfermedades qué sean transmisibles con gran facilidad y que de alguna u otra manera representan un riesgo a nuestra salud. Por ello, el siguiente trabajo busca indicar mediante el uso de sus capítulos la posibilidad del cálculo del nivel de amenaza y la creación de datos reales para los estudios de escalabilidad de la infección, todo esto mediante el uso de formulación matemática, ecuaciones diferenciales, teoremas y matrices relacionadas con los modelos matemáticos como es el de Liupanov.

Igualmente, es importante recalcar la importancia de tomar en cuenta las enfermedades infecciosas en la actualidad, ya que hemos vivido en un mundo afectado de estas patologías trayendo consigo consecuencias e inactividad comercial de todos los gobiernos y países del mundo. Sin embargo, cuando se toca el tema médico o relacionado con el área de la salud como las enfermedades infecciosas nos referimos a todos aquellos organismos infecciosos qué generan problemáticas en nuestro sistema como lo son los virus, las bacterias o los hongos. Entonces, esto nos da a entender que no solo las pandemias mundiales recientes como el Covid 19 son consideradas enfermedades infecciosas sino también trastornos como: El sarampión, dengue, tuberculosis, Hepatitis, SIDA entre muchas otras, en resumen, todas aquellas enfermedades qué sean transmisibles con gran facilidad y que de alguna u otra manera representan un riesgo a nuestra salud. Por ello, el siguiente trabajo busca indicar mediante el uso de sus capítulos la posibilidad del cálculo del nivel de amenaza y la creación de datos reales para los estudios de estabilidad de la infección, todo esto mediante el uso de formulación matemática, ecuaciones diferenciales, teoremas y matrices relacionadas con los modelos matemáticos como es el de Liupanov.

Sin embargo, es importante conocer basándonos en el punto de vista médico que las enfermedades infecciosas son altamente contagiosas, estas son causadas en la mayoría de los casos por los gérmenes, hongos o virus. Lo cual nos llevó a pensar que en el momento de realizar nuestra investigación nos basamos en un enfoque a gran escala como pandemias a nivel municipal, regional o nacional en el momento de realizar los cálculos, por ello este es un aspecto muy importante a considerar en el modelo matemático, Por otro lado, es importante resaltar que el objetivo principal de la investigación es buscar soluciones a problemáticas reales, a través de la terminología matemática, estos modelos pueden ser tanto físicos, sistemáticos o con utilización de simbología o variables, entonces ya reuniendo toda esta información se busca poner a prueba la problemática real inmersa en todas las soluciones, variables, formulas y procedimientos.

Por otro lado, en la actualidad para nadie es un misterio la precaria importancia que se le da a la matemática para la resolución de problemáticas enfocados mas profundamente en el área de la salud. Todo ello por la escasa información dada por los organismos educativos en Venezuela sean a nivel académico primario, secundario y universitario. Es de suma importancia aclarar que mediante de metodologías matemáticas podemos desarrollar nuestra retentiva y capacidad de solución de problemáticas como también nuestro pensamiento orientado en el análisis, de esta manera podríamos evaluar a fondo cualquier incertidumbre y buscar una solución de forma efectiva y rápida, esto es lo que nos permite la matemática, sin embargo, las misma están totalmente relacionadas con la capacidad de razonamiento, estimulando así nuestra capacidad de encontrar verdades y soluciones, como lo anteriormente nombrado la matemática trae consigo una gran cantidad de beneficios que desconocemos y que no son aplicados en la actualidad por lo menos en Venezuela en un enfoque medico perdiendo esa oportunidad de favorecer el organismo de la salud, por esa razón es que se busco este enfoque desde un principio poder colaborar y presentar alternativas para el combate de enfermedades infecciosas que tanto daño han producido a las naciones en la actualidad, una problemática común y global, como también incentivar a nuevos investigadores implementar nuevas teorías, metodologías o practicas con el pensamiento de favorecer la estructura y metodologías utilizadas por los organismos médicos, sean clínicas, hospitales o cualquier otro centro de la salud.

Las enfermedades infecciosas se han convertido en un problema importante en el mundo, particularmente con la aparición de Covid 19. Si bien no existe una solución única para este problema global, existen algunos pasos que se pueden tomar para abordarlo. Desde el desarrollo de medidas y tratamientos preventivos hasta la búsqueda de curas, los gobiernos y las organizaciones de salud están trabajando arduamente para resolver esta situación problemática. Es importante recordar que las enfermedades infecciosas se pueden manejar de manera efectiva si todos toman las precauciones necesarias y trabajan juntos para encontrar soluciones.

Igualmente podríamos decir para resumir que la situación de Venezuela y a nivel internacional es sumamente mala en cuestiones económicas gracias al impacto de la Pandemia y se llevaron a cabo varias alternativas para remediar las mismas para denotar el verdadero problema se implementó un modelo matemático que será capaz de combatir absolutamente todas las problemáticas previstas por esta razón es sumamente importante poder tener en cuenta las materias vistas a lo largo del tiempo

Palabras clave: Covid-19, Estabilidad, Punto de Equilibrio, Ecuaciones Diferenciales, Función de Liampunov.

ABSTRACT

The current state of infectious diseases in the world, and particularly in Venezuela, is quite worrisome because it keeps science busy with its scientific researchers and because of the degree of instability in people's lives. However, the purpose of this research is to apply the theory of Liapunov's theorem using differential equations in infectious diseases to determine its stability. For this, documentary research was used in its methodology with a bibliographic review that includes higher-order mathematical texts, containing differential equations of different orders, as well as a compendium of digital information from original authors that rest on the different websites that They exist on platforms that contain scientific articles and others. From the results obtained, a mathematical model was obtained by applying the aforementioned theorem, thus leaving one more contribution to the compendium of existing mathematical models to be used in any type of infectious disease that causes an epidemic, leading researchers to make decisions that contribute to the control and elimination of these scourges.

Keywords: Covid-19, Stability, Equilibrium Point, Differential Equations, Liampunov Function

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas se caracterizan por enfermedades poderosas y extremas causadas por bacterias, virus, hongos o parásitos. Hoy podemos decir que estos eventos son muy sensibles. Como tal, está ocurriendo con mayor frecuencia en diferentes partes del mundo. Está claro que somos más vulnerables a ciertos peligros que a otros. Por eso, Venezuela puede llamarse un país en el que ya son prácticamente comunes diversas infecciones, bacterias, virus, micosis, protozoos, priones, células cancerosas, etc., que provocan epidemias y diversas pandemias. Por esta razón, es importante investigar y determinar cómo predecir la vulnerabilidad en regiones específicas. B. Identificar vulnerabilidades o amenazas y reconocer inversiones para mitigar el daño causado por amenazas de patógenos o el impacto psicológico que pueda tener sobre ellos. Debido a estos efectos, en Venezuela pueden existir diversos sistemas de alerta utilizados para combatir las amenazas a la salud, todos limitados por falta de información. En la actualidad, no existe un sistema de gestión confiable para evaluar los peligros de enfermedades infecciosas mediante el mapeo de eventos y peligros de enfermedades infecciosas a partir de información geográfica, instrumentación, radar, etc.

En el siguiente trabajo de investigación se ven resultados aspectos importantes para el calculo de la proyección de las enfermedades infecciosas infecciosas, por lo tanto, en la actualidad para nadie es un misterio la decadencia y los problemas que tiene los organismos de salud para la gestión de enfermedades infecciosas expandibles o también llamadas pandemias, por esa razón es importante conocer qué mediante de los métodos matemáticos, utilización de funciones, matrices y ecuaciones diferenciales es posible realizar un calculo preciso y aproximado de el nivel peligrosidad de dichas patologías qué someten al mundo hoy en día. Por ello basándonos en esta problemática en el siguiente trabajo de investigación, teórico u practico se pueden visualizar las alternativas aplicadas mediante la utilización de teoremas como el Liupanov enfocada en el nivel de amenaza mundial de las enfermedades infecciosas como lo es el Covid-19.

El propósito general de este trabajo es proponer un modelo matemático para evaluar enfermedades infecciosas a través del teorema de Lyapunov. Se han demostrado diversas matemáticas que de alguna manera pueden inferir el verdadero comportamiento del COVIC 19 no deseado, infiriendo así diferentes políticas de diferentes controles altamente preventivos guiados por diferentes técnicas de control. . En pocas palabras, se utiliza un modelo matemático de enfermedades infecciosas. Teniendo esto en cuenta, el trabajo especial de grado se divide en cuatro capítulos. El primer capítulo presenta el problema de investigación, sus objetivos, justificación, alcances y limitaciones. En segundo lugar, se desarrolla un mapa conceptual del estudio propuesto y se presenta la teoría que lo sustenta. La tercera parte describe las direcciones metodológicas seguidas en el marco de la investigación. Luego, en el Capítulo 4, se presentan los resultados de acuerdo a los objetivos propuestos, y se esbozan las conclusiones, recomendaciones y lineamientos teóricos y prácticos junto con los resultados finales.

No es un secreto que la pandemia ha sido polémica y ha tenido un gran impacto en Venezuela, también podemos decir que nuestro país no está preparado o no tiene un plan de contingencia para poder implementar una solución a este problema de pandemia que estamos teniendo recientemente, pues por eso decidió buscar diferentes alternativas usando matemáticas puras para poder solucionar este problema e intervenir Sanidad.

Por otro lado, en el mismo trabajo de investigación se encuentran resaltados metodologías y modelos matemáticos no antes utilizados para el cálculo de la mortalidad con el tiempo de las enfermedades infecciosas, problemática que en la actualidad ha dado mucho que de que hablar por los acontecimientos mundiales recientes. En la actualidad no se aprovecha con determinación las matemáticas como metodología para la medicina, siendo totalmente descartada en todos los procedimientos de cálculo de enfermedades.

Seguidamente, hoy en día en Venezuela no se tiene la capacidad de enviar registros legítimos de la taza de contagiados y mortalidad bajo el caso de una emergencia medica en este caso una pandemia como el Covid 19 o la Viruela del Mono, por esa razón en el siguiente trabajo de investigación y demostrativo se ven técnicas matemáticas y utilización de teoremas como Liupanov para el cálculo y resolución de enfermedades infecciosas.

Sin embargo, el siguiente trabajo teórico practico quedara como evidencia para todos aquellos jóvenes cursantes de carreras relacionadas con la matemática, como calculo, matemática pura o ingeniería, para el estudio de implementación de nuevas técnicas con el objetivo de resolución de problemas, metodologías que hoy en día en la actualidad no se le da la importancia necesaria ni la implementación correcta, por esa razón ofrecemos el siguiente contenido como invitación para nuevas generaciones y otro personal calificado para la utilización de la formulación matemática y metodología en base de ecuaciones para el área de salud, por otro lado, tomar en cuenta la utilización matemática de manera más frecuentes para la creación de estadística y la obtención de resultados para la resolución de problemáticas

CAPITULO I

EL PROBLEMA

En este capítulo, se presenta la problemática que llevara a diseñar la investigación, junto con una descripción del problema, su formulación y las preguntas de exploración, posteriormente, se definen los objetivos, la justificación, alcances y limitaciones del trabajo de investigación.

Planteamiento del problema

Actualmente existe una orientación de los profesionales del sector salud hacia el campo de las Tecnologías; y todas aquellas ventajas que estas involucran para sus labores cotidianas en el servicio que se ofrece en las organizaciones (Públicas - Privadas). Estas herramientas se han convertido, sí, en uno de los paradigmas más predominantes con el afán de las instituciones sanitarias por cumplir con la gestión; de igual forma enfocan su importancia en gestionar la prevención que se genera dentro de ellas. La situación social en el mundo, hace que la globalización repercuta los peligros o amenazas sanitarias.

Las epidemias se han extendido exponencialmente por los cinco continentes, cobrando vidas, economías y empleos. En otras palabras, el virus ha creado no solo problemas de salud, sino también sociales y económicos, ya que los gobiernos cerraron escuelas, universidades, lugares de trabajo y fronteras ante la emergencia provocada por la pandemia. Además, la población mundial ha atravesado un proceso de cambio que ha desembocado en una nueva pandemia, obligando a todos los científicos a realizar diversos estudios sobre su formación. Los factores económicos tradicionales como la tierra, el trabajo y el capital ya no se consideran el recurso principal, sino que son reemplazados por el nuevo factor de "reproducción y su estabilidad". En este caso, estamos hablando de un virus altamente contagioso que puede ser fatal si se infecta, llamado COVID-19.

De igual manera, Mercola (2021) señala que el Covid-19 es un elemento central en la comunidad médica y que, ante las situaciones de emergencia provocadas por la pandemia, el ser humano está en el centro para alcanzar el desarrollo y poder económico. Así, la búsqueda del conocimiento impulsa la actividad, se convierte en la fuente de producción de bienes y servicios, y el medio por el cual podemos avanzar hacia la estabilidad de los modelos matemáticos.

Como sugiere la sociedad del conocimiento, se puede reconocer la importancia de desarrollar la capacidad de procesar información y luego usarla para sentar las bases de nuevos métodos numéricos para generar nueva información para abordar problemas de enfermedades infecciosas. descrita por el Covid-19 Esta realidad exige un avance científico y tecnológico que exige capacidad de innovar y crear conocimiento en respuesta a las necesidades locales y regionales, nacionales y globales. Entre ellos, la relevancia de los modelos matemáticos de enfermedades infecciosas evaluados por el teorema de Lyapunov estará dada por la coherencia de los argumentos obtenidos, que brindan alternativas de solución al problema de la propagación de virus relacionados.

Por otro lado, mirando el panorama de las Américas, el brote es exponencial, con 187.498.852 casos acumulados de Covid-19, teniendo en cuenta los síntomas, según varias fuentes de las diferentes organizaciones Panamericanas para la Salud (2022): Nuevos Hubo 19.911 casos nuevos y 2 830,609 muertes acumuladas; un sistema de alerta débil creó una base de conocimiento débil; las condiciones sanitarias adversas alentaron los servicios médicos y la innovación.

También en Venezuela, que tiene muchos casos con Covid-19, hay una cifra de 544.210 contagios, 536.905 casos recuperados, 1.494 casos activos actuales y una cantidad de 5.811

muertos (Patria, 2022). Además, desde 2020, el gobierno central ha aplicado las mismas medidas que esos países, incluida una cuarentena obligatoria que duró unos dos años. En marzo de 2022, el país decidió retomar las clases presenciales en diversas instituciones educativas, abrir empresas de base y ministerios, y levantar las cuarentenas y emergencias por el virus. Vacunación masiva aplicada a la comunidad. (Moreiro, 2021).

Todos estos argumentos plantean preocupaciones sobre los futuros acontecimientos de vulnerabilidades en áreas específicas de un sitio. B. Identificación de vulnerabilidades o amenazas, conocimiento de las inversiones para mitigar los daños causados por las amenazas en el entorno social y las pérdidas humanas o el diferente golpe psicológico que puedan tener. Hoy, los sistemas de alerta temprana existentes en Venezuela para hacer frente a estos fenómenos improductivos de Covid-19 están severamente limitados por la cantidad de información disponible y las limitaciones de los analistas. Actualmente, no existe un modelo de control matemático que realice el teorema de Lyapunov, eventos de salud dados por información geográfica y evaluación de enfermedades que pueden llegar a ser infecciosas por equipos y radares tecnológicamente obsoletos.

Con buenos pronósticos, preparación de información y automatización, muchos de los desastres pandémicos actuales podrían haberse mitigado en gran medida, y el costo de la mitigación es alto comparando con los esfuerzos de socorro y recuperación en las áreas afectadas, particularmente en Venezuela. El fenómeno del Covid-19 ha afectado a muchos países. Esta es la causa de la guerra biológica global, junto con las diferentes modificaciones climáticas, que está cambiando de forma negativa la convergencia de los trópicos debajo del ecuador.

Además, los científicos y expertos en estos campos inexplorados carecen de personal capacitado en virus, enfermedades infecciosas y su relación con los modelos matemáticos necesarios para prevenir un desastre pandémico. Todo lo anterior ha provocado brotes masivos y pérdida de vidas en gran parte de Venezuela, como en el resto del mundo, lo que ha llevado a los gobiernos locales y nacionales desde 2019 a buscar una solución oportuna al problema con mayor alerta y preocupación. Se suma nuevamente la fuga de cerebros de la región venezolana. Pero los tiempos cambian y la tecnología cambia, sorprendentemente, la calidad.

Del mismo modo, la tecnología es precisamente el medio por el cual podemos responder mejor a las necesidades humanas, y también facilita el manejo y optimización de modelos matemáticos, se puede decir que las matemáticas son la mejor opción para entender mejor las necesidades humanas. Para aumentar la eficiencia del saneamiento, el departamento de salud ha creado un modelo matemático que integra el teorema de Lyapunov con la relación entre todos los actores para mantener la estabilidad del control del Covid-19 y su propagación al resto del mundo. Asimismo, la geografía juega un papel crucial en varias disciplinas diferentes. Además, el procesamiento de información espacial requiere decisiones únicas, complejas y complejas.

De esta manera, la información geográfica ha contribuido al desarrollo de un campo especializado caracterizado por los sistemas de información geográfica (SIG). Según Lopis (2006), los SIG, una nueva tecnología que permite el manejo y análisis de la información espacial, surgió de la necesidad de obtener rápidamente la información disponible para resolver problemas y responder preguntas de manera inmediata. Cuando estos sistemas se utilizan para combinar información relacionada con amenazas pandémicas o desastres, pueden facilitar y ayudar en gran medida a identificar áreas de exposición o puntos y zonas donde se deben priorizar las estrategias de mitigación. Pero es aún más beneficioso y eficiente cuando los sistemas inteligentes que usan información geográfica analizan automáticamente esa información y brindan herramientas para ayudar a tomar decisiones.

En este sentido, la principal característica de un sistema inteligente es su capacidad de adaptarse a condiciones ambientales cambiantes para lograr sus objetivos (D'Aquila, 2005). Gracias a la información que proporciona el sistema inteligente, a través de sus modelos predictivos, facilita la identificación geográfica de áreas de riesgo, así como una referencia del estado general de amenazas al visualizar los diferentes tipos de amenazas que se presentan en áreas específicas. que permite a los usuarios que necesitan conocimientos geográficos y ambientales obtener información rápida, confiable, factual, simple y fácil de entender.

Por otro lado, el análisis matemático puede predecir el comportamiento de estos eventos adversos para la salud. La idea es desarrollar un modelo matemático de control predictivo para el objetivo buscado de estabilidad del Covid-19 en la región, aun utilizando diferentes técnicas de control que permitan evaluar las maniobras de protección y alerta de diferentes grupos de personas, los métodos pueden ser comparados con la selección del método más útil en base a variables de comportamiento que aporten números o datos con los que se pueda lograr un mejor control para informar a las ciudades de las alarmas lo antes posible.

Problemas de la investigación

Con base a los aspectos antes mencionados, los investigadores se plantearon la siguiente formulación del problema: ¿Qué características debe poseer un modelo matemático para la evaluación de enfermedades infecciosas mediante el teorema de Liapunov?.

A partir de la formulación del problema, se presentan las interrogantes de la investigación como se detalla a continuación:

¿Cuáles son las variables para la evaluación de enfermedades infecciosas?

¿Cuál es la matriz siguiente generación para la evaluación de enfermedades infecciosas?

¿Cuáles son las funciones de Liapunov para la evaluación de enfermedades infecciosas?

¿Cuál es la estructura que debe poseer un modelo matemático conel sistema dinámicopara la evaluación de enfermedades infecciosas mediante el teorema de Liapunov?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Proponer un modelo matemático para la evaluación de enfermedades infecciosas mediante el teorema de Liapunov.

Objetivos Específicos

- Identificar las variables para la evaluación de enfermedades infecciosas.
- Establecer la matriz siguiente generación para la evaluación de enfermedades infecciosas.
- Determinar las funciones de Liapunov para la evaluación de enfermedades infecciosas.
- Formular lineamientos para el modelo matemático conel sistema dinámico para la evaluación de enfermedades infecciosas mediante el teorema de Liapunov.

Justificación de la Investigación

Durante este tiempo, en la radio del gobierno venezolano, jugaron un papel protagónico en la entrega de beneficios económicos y el desarrollo de políticas encaminadas a lograr un crecimiento sostenible, generoso, estable, eficiente y socialmente objetivo. Al utilizar las mejores prácticas tecnológicas, puede mantener una ventaja competitiva con otras organizaciones similares.

Se espera que con este estudio se realicen las gestiones técnicas pertinentes de manera eficiente y en el mejor interés; el objetivo es proporcionar pautas aritméticas para la evaluación de enfermedades infecciosas utilizando la columna Guía de implementación del teorema de Lyapunov. En último sentido, el estudio permite el intercambio de interpretaciones, el uso del éter en la guía aritmética del teorema de Lyapunov para evaluar la importancia de las enfermedades infecciosas, el uso de nuevas tecnologías para la interpretación y comunicación, el pensamiento romántico donde la población canta la estrategias sugeridas en la orientación de este estudio a los beneficiarios.

En la actualidad, se han identificado algunas debilidades en diferentes ámbitos salud, social, cultural, entre otros, relacionadas con las enfermedades infecciosas, continuidad operativa, integración de sistemas, entro otros; que, si acertadamente canción de pleno erudición en el conjunto de los casos de las instituciones de salubridad, sin embargo, nunca existe una equidad de los potenciales perjuicios existentes. Esta sección, relacionada a la confirmación del estudio, se asume en saludos de vehemencia teórico, práctico, metodológico y social, como sigue:

Primero, el estudio es sólido desde el punto de vista teórico, centrándose en la teoría, el significado y las características principales de los modelos matemáticos para la evaluación de enfermedades infecciosas, creando el interés de los usuarios y lectores en el tema. El teorema de Lyapunov, específicamente para las enfermedades infecciosas, se desarrollan y consideran diversas teorías sobre las variables estudiadas, y se parte de lo conocido por los autores durante la investigación, con el objetivo de generar aportes concretos

En segundo lugar, es confiable desde el punto de vista práctico, ya que los resultados obtenidos y el logro de las metas establecidas permiten brindar alternativas que pueden ser utilizadas como insumo para la toma de decisiones con un alto grado de certeza. Por ello, se ofrecen alternativas de solución, cómo cristalizar la investigación a través de la información científica entre diferentes campos del conocimiento en el sector salud; lineamientos para la implementación de modelos matemáticos para la evaluación de enfermedades infecciosas utilizando el teorema de Lyapunov.

Desde el punto de vista metodológico, este estudio se justifica porque se realizó de acuerdo con el método científico, se utilizaron métodos válidos y confiables, y los resultados proporcionaron una herramienta de trabajo para futuros estudios que investigaron la misma variable y realizaron los ajustes correspondientes. antes de usarlo. En última instancia, este estudio no solo vinculó de manera efectiva el entorno venezolano desde una perspectiva social, sino que también ahorró tiempo y dinero para mejorar la situación problemática de la evaluación de enfermedades infecciosas utilizando el teorema de Lyapunov, que es un modelo matemático sólido, conciso y preciso.

Alcances y limitaciones

Alcances: en esta sección se hará consideraciones que se pretende llegar a los siguientes:

- Variables de Entrada y Salida del modelo matemático.
- Un modelo matemático para la toma de decisiones
- Lineamientos para la implementación del modelo matemático.

Limitaciones:

- Enmarcada en una investigación de tipo documental.
- Línea de investigación Lógica difusa, cibernética, modelos matemáticos e inteligencia artificial.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL TEORICO QUE SUSTENTA LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta el marco teórico que sustenta el estudio, compuesto por investigaciones previas, orientaciones teóricas, definiciones de conceptos, y el desarrollo e interpretación de hallazgos que caracterizan el contexto temático al que pertenece la investigación actual.

Estudios Previos o Estado Del Arte

Cuando hablamos de estudios numéricos se pueden en ver en materias como Calculo, algebra entre muchos otro, asi como también estos pueden ser sumamente útiles para poder tratar las enfermedades que puedan surgir en el mundo a lo largo del tiempo y tener una alternativa clara para poder solventar con la utilización de diferente información vista preciosamente en lal Universidad, quiere decir que no podemos irnos muy lejos a la hora de buscar alternativas primero se mira para nuestra carrera y luego intentamos introducirnos en otras áreas específicas ajenas a la profesión de la ingeniería

Esto quiere decir que las enfermedades que resultan ser mucho más

importantes en nuestro país son sumamente pocos estudiadas quiere decir que nadie le presta la debida atención a las posibles enfermedades que pueden ser nocivas para el ser humano por esta razón hay que deberle el debido respeto y poder estudiar un poco las diferentes técnicas para solucionar las diferentes problemáticas

Antes de introducirnos de lleno a cualquier tema en una investigación se hace sumamente esencial recopilar una serie de estudios e investigaciones anteriores para poder sustentar la nuestra, cuando se recopila información se utilizan experiencias de anteriores tesistas para entrar en un cuadro comparativo donde se puede aceptar si realmente el trabajo tiene un fin efectivo y trabajable de esta manera se evaluara a través de los otros trabajos ventajas, debilidades e incluso poder adquirir temas parecidos para poder sustentar nuestra investigacion tan teórico como en puntos importantes.

Luego de delimitar el problema, definiendo los objetivos generales y específicos que definen el proceso de investigación, nos referimos al trabajo realizado por los investigadores sustentando el objeto de investigación, donde se plantean las premisas relativas a la variable especificada: modelo matemático para la evaluación de enfermedades infecciosas utilizando el teorema de Lyapunov . Al respecto, Lerma (2007) afirma que es "es una recopilación concreta de diferentes resultados que otros investigadores han descubierto sobre diferentes temas que a la larga están altamente relacionadas con temas en común" (p. 56). .). encuesta Nacional

En la primera premisa y tratando al COVID 19 como una enfermedad infecciosa, así lo señala Rodríguez (2021), cuyo objetivo de este estudio fue utilizar el método de mínimos cuadrados para estimar la dinámica de transmisión de una serie de coronavirus que ocurren mensualmente en Venezuela, luego de lo cual se analizan datos estadísticos publicados diariamente en el diario El vicepresidente. La República de Venezuela, teniendo también en cuenta la información proporcionada por los distintos diarios del país. Se eligió como método de investigación un tipo de documento descriptivo de diseño bibliográfico. El método de recolección de datos fue evaluación y análisis escrito, lo que llevó a las siguientes conclusiones: Número de personas infectadas con el virus corona (COVID 19) en los últimos 6 meses no estuvo disponible para comparación en la población venezolana. . En comparación con otros países, las cifras pueden estar sesgadas debido a muchos factores. Estos incluyen el cumplimiento del período de cuarentena a nivel de la población general, el uso correcto de mascarillas y otros antimicrobianos, y el número de personas vacunadas. Para efectos de este estudio, el trabajo de Rodríguez refleja claramente en su estructura la aplicación de ecuaciones diferenciales, en este caso al requerimiento de realizar un modelo matemático con los contenidos del teorema de Lyapunov.

El segundo antecedente nacional es que Salguero y Azuaje (2020)) realizó una tesis como parte de su investigación en la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda en Coro Falcón. Se titula "Modelos numéricos teóricos de epidemias con parámetros aleatorios". Tiene como objetivo simular dinámicas epidémicas basadas en modelos de susceptibilidad epidemiológica recuperada a la infección (SIR), en los que se considera un estudio bibliográfico de las ecuaciones microbianas aplicadas. Variación aleatoria de las tasas de infección y curación. Para los fines de este estudio, las ecuaciones que rigen la evolución de la epidemia se resolvieron numéricamente utilizando la ecuación diferencial de cuatro variables de Runge-Kutta (4). En este sentido, se analizan las tendencias en el comportamiento evolutivo de las epidemias en las poblaciones y se observa el efecto de cambios aleatorios de parámetros en la solución. Se obtienen entonces las diferencias que se encuentran en la información fijada

Teniendo en cuenta los hallazgos de estudios anteriores, este estudio argumenta que los modelos teóricos numéricos que utilizan métodos que incluyen ecuaciones diferenciales juegan un papel importante en la determinación de la evolución de las epidemias, esto se puede trabajar sumamente fácil para poder fomentar varias y numerosas tomas de decisiones a lo largo del tiempo que resultaran beneficiosas. Los humanos están involucrados en la lucha contra las enfermedades infecciosas.

Para el artículo científico de Bonilla (2017), que presenta una revisión de investigaciones realizados por los mismos autores en parasitología y epidemiología. Entre sus hallazgos, muestra enfermedades que han persistido en el tiempo y no han desaparecido, entre ellas se encuentran y van en aumento: malaria, dengue, cólera y difteria, aumentando así los factores de riesgo para la población, tuberculosis y fiebre amarilla Leishmania enfermedades diarreicas, parásitos intestinales, esquistosomiasis, oncocercosis y lepra. Se dan en Surya.

Últimamente absolutamente todas las enfermedades son muy poco estudiadas y no se encuentra mucha información de como trabajarlas la región geográfica. Cabe mencionar un estudio realizado en una comunidad del estado Zulia. Finalmente, la identificación de factores de riesgo para enfermedades parasitarias intestinales, especialmente criptosporidiosis y ciclosporidiosis , ayudará a desarrollar estrategias para controlar estos agentes.

Una solución viable para controlar estas enfermedades requiere un enfoque multidisciplinario, que incluya la ciencia relacionada con las enfermedades infecciosas y las ciencias sociales, la cooperación entre las autoridades sanitarias y los gobiernos que implementan medidas tradicionales de protección de la salud, y la educación y la mejora económica para el bienestar de las poblaciones afectadas. . Una de las razones por las que se incluyó este estudio fue una de las soluciones propuestas por los autores, que fue incluir el campo de la epidemiología y luego agregar el campo de las matemáticas, incluyendo modelos matemáticos, en este caso el teorema de Lyapunov.

Investigaciones Internacionales

El primer precursor es (Cruz et al., 2021). Se utilizó un método de revisión sistemática basado en la estrategia SIR de Prisma Estudio para revisar y aplicar enfermedades epidémicas para investigar las enfermedades del último año provocadas por el Covid 19. Se concluyó que el modelo SIR se basa principalmente en espacios abiertos para la prevención de desastres y la toma de decisiones, además de utilizar las tasas de natalidad de referencia y otros principales. Examinó el comportamiento de la enfermedad utilizando indicadores, aprender a resolver la ecuación diferencial inversa. Además, la investigación actual está relacionada con el teorema de Lyapunov, que también rige las ecuaciones diferenciales, ya que también es útil para el seguimiento y el comportamiento de los brotes de enfermedades.

En este último contexto, Espinoza y Tobar (2017) realizó una investigación cuyo propósito identificar modelos matemáticos para su uso en la investigación de prevención y control de infecciones para proporcionar herramientas para apoyar a las organizaciones de atención médica y al público. Para ello se utilizaron las bases de datos científicas Elsevier, Springer y Medline con búsqueda bibliográfica, la importancia de utilizar este protocolo es la correcta selección de artículos de investigación y sus limitaciones de investigación. Procesamos una muestra de 125 artículos de bases de datos sumamente cientifico que permiten la creación de los modelos matemáticos más utilizados para muchas enfermedades infecciosas, así como las herramientas técnicas utilizadas para crear los modelos. Se encontró que los modelos matemáticos más utilizados en la investigación de enfermedades (Dengue, Zika y Chagas) son SIR, SEIR y ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) y herramientas, pero el software más utilizado para la expresión de modelos matemáticos: Matlab y r.

Se concluyó que los modelos matemáticos pueden ser una herramienta útil para la prevención y control de enfermedades infecciosas, OMS Ecuador es el beneficiario del proyecto. Como se mencionó anteriormente, este estudio se relaciona metodológicamente con este estudio e identifica la importancia del uso de modelos matemáticos en la prevención y detección de enfermedades infecciosas.

Como tercer y último antecedente, Arroyo M (2017) quien, mostró que las matemáticas de esta encuesta son de gran importancia, especialmente en el desarrollo de modelos matemáticos y simulaciones, lo que también lleva a la conclusión de que en este estudio, el equilibrio de los dos modelos determina la base del número de reconstrucciones , y finalmente se realizó un estudio numérico para confirmar los resultados, como dijo Arroyo (ob.cit), este estudio estaba muy interesado en probar el equilibrio de los modelos matemáticos y las decisiones que tomaban para validar sus resultados.

Esto quiere decir que las utilizaciones de los métodos matemáticos ya visto en anteriores investigaciones si han sido utilizados para otros proyectos para validar resultados por esta razón gracias a la parte de los antecedentes se a decidido recopilar varios proyectos anteriores para poder certificar de manera concreta que la investigación si es sumamente valida para poder pasar por los diferentes procesos las cuales lo hemos sometido, asi mismo la importancia de poder llevar a cabo un proyecto que posiblemente en un futuro sirva como antecedente directo para otros tesistas e futuros ingenieros

Bases teóricas

El carácter teórico del proceso de conocimiento se sustenta en un conjunto de postulados destinados a dar una conceptualización a partir de las diversas teorías recogidas e integrarlas a la investigación.

Teorema:

Un teorema es un enunciado que puede probarse mediante operaciones matemáticas y argumentos lógicos.

En matemáticas, un teorema es una proposición, declaración o fórmula teórica que contiene verdades, axiomas o suposiciones que se prueban mediante un conjunto de otras teorías o fórmulas. Un teorema es también una regla o ley expresada en forma de ecuaciones y/o fórmulas matemáticas.

Lógicamente, un teorema es una proposición derivada de las premisas y supuestos de un sistema, una idea o creencia que generalmente se acepta como verdadera.

La diferencia entre un teorema y un axioma o hipótesis es que el primero es una verdad comprobable, mientras que un axioma es una verdad aceptada pero no probada. Los axiomas son conceptos antiguos, sinónimos de conceptos modernos postulados.

Las consecuencias son derivaciones de enunciados lógicos derivados de teoremas previamente demostrables.

Cada conjunto consta de tres partes:

hipótesis o premisa. Este es el contenido lógico del que se pueden extraer conclusiones y, por lo tanto, precede a la conclusión. tesis o conclusión. Lo que implica una premisa es algo que se establece en un teorema y puede demostrarse formalmente. Conclusión. Son derivaciones o formulaciones secundarias y adicionales derivadas del teorema.

Enfermedad Infecciosa

El diagnóstico de una infección microbiana comienza con los hallazgos epidemiológicos y una adecuada evaluación clínica de un paciente en particular, lo que conduce a la formulación de una hipótesis diagnóstica. La localización anatómica de la infección suele asociarse a otros tipos de infección con signos encontrados en todos los pacientes durante la exploración física y radiológica (p. ej., neumonía del lóbulo inferior derecho), etc. (Aznar; 1998, p. 5).

De acuerdo con este enfoque, es necesario revisar, monitorear y controlar las enfermedades infecciosas, que prácticamente prestan atención al registro de variables en el cuerpo del paciente, para tener en cuenta la investigación y evaluación de los sujetos estudiados con la ayuda de un modelo matemático. . que ajusta los datos. También se puede mencionar que todas esas enfermedades suelen ser enfermedades reales provocadas por bacterias, hongos o parásitos, en fin, diversos organismos que viven en ellas, pero que con el tiempo provocan que padezcamos ciertas enfermedades.
En general, con esta enfermedad podemos notar algunos síntomas muy comunes, como fiebre, cansancio, tos y dolores musculares, que pueden llegar a ser muy peligrosos si no se tratan.

En pocas palabras es sumamente importante saber el significado directo de lo que significa las enfermedades por que de esta manera podemos predecir todas las consecuencias que estas mismas establecen por esta razón se deben tomar precauciones o buscar alternativas para poder llevar a cabo un plan de contigencia para crear soluciones a través de los teoremas

COVID-19

Según la Organización Panamericana de la Salud, es una enfermedad infecciosa causada por un coronavirus recién descubierto. La enfermedad se puede propagar de. Por ello, es importante mantener una distancia de más de un metro con el enfermo. ¿Es posible contagiarse de COVID-19 por contacto con una persona asintomática? El Covid-19 es un ataque directo a la capacidad pulmonar que puede ser extremadamente dañino para los humanos. ¿Cuáles son los síntomas del COVID-19? Los síntomas más comunes son fiebre, fatiga y tos seca.

Alrededor del 80% de las personas se recuperan sin tratamiento especial. Aproximadamente uno de cada seis tenía enfermedades graves y problemas respiratorios, como los que tienen COVID-19. Los adultos mayores y las personas con problemas de salud subyacentes, como presión arterial alta, enfermedades cardíacas o diabetes, tienen más probabilidades de desarrollar enfermedades graves.

Como ya todos los sabemos se trata de una enfermedad que es sumamente contagiosa que ataca directamente los aparatos respiratorios del ser humano por ende se puede decir que al ser de una magnitud tan gigantesca y lo fácil que se propaga entra directamente a la lista de pandemias mundiales en la historia

Matemática:

Las matemáticas son la ciencia que estudia la estructura, secuencia y repetición de patrones basados en contar, medir y describir formas. Sus objetos de estudio son el tamaño, la cantidad y sus variaciones en el espacio y el tiempo. Nos ayuda a mantenernos lógicos, organizados y cuerdos, y a estar listos para pensar, criticar y abstraer. Las matemáticas moldean las actitudes y valores de las personas, ya que aseguran la solidez de los cimientos, la seguridad de los procedimientos y la confiabilidad de los resultados obtenidos. Todo esto le da a los niños una preparación consciente y beneficiosa para tomar acción para resolver los problemas que enfrentan todos los días.

Ecuación:

Una ecuación es una ecuación entre dos expresiones algebraicas unidas por un signo igual, donde además de algunos datos conocidos, existen uno o más valores desconocidos llamados incógnitas. Son muy importantes hoy en día porque nos permiten usar variables e incógnitas para determinar valores desconocidos. Las ecuaciones algebraicas que mantienen relaciones entre incógnitas se consideran y utilizan para resolver problemas

Cuando hablamos de ecuación también podríamos decir que se refiere a un conjunto de valores que nos servirán de punto de partida para recolectar información y que por medio de diferentes operaciones se puedan resolver problemáticas sumamente fácil y efectivo

Modelo matemático.

Cuando hablamos de un modelo matemático, nos referimos a una representación simplificada de varias ecuaciones, funciones o muchas otras formulaciones matemáticas que representan los fenómenos de varias relaciones entre dos o más variables. Se puede decir que esta es una categoría matemática que estudia la naturaleza y estructura de varios patrones de relaciones entre dos o más variables para resolver problemas como fenómenos naturales, sociales o físicos.

Elementos

Variables:

Son conceptos u objetos que intentamos comprender o analizar. Especialmente su relación con otras variables. Entonces, por ejemplo, la variable podría ser el salario de un trabajador, y queremos analizar sus principales determinantes (por ejemplo, años de educación, nivel de educación de los padres, lugar de nacimiento, etc.).

Parámetros: Son valores conocidos o controlables del modelo.

Restricciones: Son ciertas limitaciones que hacen válidos los resultados del análisis. Entonces, si una de las variables es, por ejemplo, el número de hijos en la familia, la restricción natural es que el valor no puede ser negativo.

Una restricción como ya todos los sabemos son aquellas cosas y en la matemáticas numerales prohibidos que no se pueden trabajar por diferentes razones por esta misma razón este lleva el nombre como restricciones.

Relaciones entre variables: Los modelos establecen ciertas relaciones entre variables basadas en la economía, la física, la química, etc. Representación Simplificada: Una de las características básicas de un modelo matemático es representar la relación entre las variables objeto de estudio utilizando elementos matemáticos como funciones, ecuaciones. y

Las variables dependientes representan el comportamiento o estado del sistema; Las variables independientes suelen ser dimensiones como el tiempo y el espacio. Un modelo matemático es una descripción y representación de un proceso para analizar su comportamiento. (Chapra y Kanal, 2007, p. 1 once este se puede expresar de la siguiente manera

$$:G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{K(a_m s^m + a_{m-1} s^{m-1} + \cdots + a_1 s + 1)}{(b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \cdots + b_1 s + 1)}$$

Donde:

G(s) = representación general de una función de transferencia

Y(s) = transformada de Laplace de la variable de salida

X(s) = transformada de Laplace de la variable de entrada

K, ai y bi = constantes.

Los modelos se pueden clasificar según diferentes puntos de vista:

• En el tiempo: continuo y discreto.

• Naturales: física, matemáticas, lógica.

• Por previsibilidad: determinista, aleatoria.

También se pueden dividir en modelos lineales y modelos no lineales según sus propiedades lineales. (Mettler, 2003, 29. lpp.). Un modelo lineal se puede definir como un modelo que obedece al principio de superposición. La primera afirmación, quizás poco académica, podría ser en principio: "Un sistema obedece al principio de superposición si su respuesta a un conjunto de consultas es la suma de las respuestas a cada consulta individual". Cuando el tiempo interviene como variable independiente en el problema, como en las oscilaciones y dinámicas de los sistemas, se puede hacer la siguiente afirmación sobre el principio de superposición: "Los sistemas dinámicos obedecen al principio de superposición tal que ambos son lineales dadas dos entradas: x1(t) y x2(t) y sus respectivas respuestas y1(t) y y2(t), la respuesta a una entrada Ax1(t+t1) +Bx2(t +t2) es exactamente Ay1(t+ t1) + By2 (t+t2), donde A, B, t1 y t2 son cuatro constantes cualesquiera". (Smith & Corripio, 1991, p. 65).

Teorema

Los teoremas son afirmaciones que pueden demostrarse como verdaderas mediante operaciones matemáticas y razonamiento lógico. En matemáticas, un teorema es una proposición, enunciado o fórmula teórica que contiene una verdad, un axioma o una hipótesis que se prueba mediante otra teoría o conjunto de fórmulas. Los teoremas son también reglas o leyes expresadas en forma de ecuaciones y/o fórmulas matemáticas. En resumen, una explicación matemática de los eventos mediante fórmulas o ecuaciones. En lógica, una oración es una proposición derivada de un sistema de premisas y supuestos que se cree que son verdaderos o generalmente aceptados. La diferencia entre un teorema y un axioma o hipótesis es que los primeros son verdades comprobables, mientras que los axiomas son verdades que se cree que son verdaderas pero aún no han sido probadas. Axioma es un término antiguo sinónimo de supuestos conceptuales modernos. Una conclusión es una declaración lógica de declaraciones demostrables anteriores.

Los modelos son representaciones simplificadas de objetos de interés y su función es facilitar el procesamiento del objeto o fenómeno representado. Los modelos pueden ser gráficos (como una guía), verbales, teóricos, etc. Los modelos teóricos simplifican la investigación porque cubren solo ciertos aspectos del campo y no pretenden ser representativos de todos los objetos de investigación. Los modelos de comportamiento suelen ser verbales, pero los modelos estadísticos también se utilizan ampliamente. El proceso de investigación comienza con la formulación de preguntas para las que no tenemos una explicación satisfactoria, en cuyo caso decimos que tenemos uno o más problemas que resolver.

Pandemia

Cuando nos referimos a una pandemia estamos hablando de un evento globalizado, siendo directamente más preciso se trata de una clase de enfermedad infecciosa que se ha expandido en una gran cantidad de kilómetros o de manera extensa pueden ser varios países, continentes o globalmente, en general estas mismas afectan a una cantidad muy numerosa de persona trayendo así consecuencias y ciertas problemáticas a los territorios afectados, como también ponen en riesgo a todas las demás naciones limpias. Generalmente es relacionado a las pandemias las enfermedades infecciosas las cuales son sumamente contagiosas, no solamente enfermedades qué tengan una taza de mortalidad alta, es decir para que una enfermedad pueda ser considera pandemia tiene que ser altamente contagiosa y que tenga más de un transmisor o formas de adquirir la enfermedad, un ejemplo de ello no se considera pandemia al SIDA qué ha generado numerosas muertes en todo el mundo de manera Global, pero si al Covid 19 qué al ser sumamente contagioso, mediante vías respiratorios, el tacto o el consumo lo convierte en una enfermedad de carácter mundial o también llamada pandemia. Estas mías traen consigo muchas consecuencias importantes como la pobreza en las naciones, todo esto debido a la poca actividad laboral qué viven las naciones bajo los efectos de la enfermedad, lo cuales se representan aje los individuos no pueden ir a trabajar o producir por riesgo de contagio, como también, una falta de alimentación o hambruna qué vivirán las naciones por el poco movimiento del dinero y el comercio estático de la nación, sin producción ni tampoco metodologías de desarrollo. En pocas palabras es un evento globalizado, que trae consigo la decadencia poblacional, como Económica de cualquier nación afectada o el mundo entero.

Teoría de la estabilidad

Para definir la estabilidad en las ecuaciones diferenciales es preciso señalar lo que acota Rozhdenstvenski yKartashov (1980,p. 159)del teorema de Liapunov ,quien lo expone como dado un sistema de ecuaciones diferenciales $\frac{dxi}{dt}$=ƒi(x1,x2,…, Xn, t) (i=1, 2,….,n).

Una soluciónЧi(t) (i=1,2….,n) del sistema que satisface a las condiciones inícialesЧi(t0)= Чio, (i=1,2,….n) se llama estable según Liapunov, si para cualquier ε> 0 existe un número ҕ(ε)>0, tal que, para cada solución xi(t) (i=1,2,…,n) del sistema cuyos valores iníciales cumplan las condiciones

│xi(t0)─ Чi0│< ҕ (i=1,2,…,n), se verifica la desigualdad

│xi(t) ─Чi(t)│< ε (i=1,2,…n) para todos los valores t$\geq$ t0.

Si para los valores de ҕ>0 árbitramente pequeños no se cumple la desigualdad, al menos para una solución $x_i(t)$ (i=1,2,…n), la solución Чi(t) se llama inestable.

Si, en las condiciones, además del cumplimiento de la desigualdad, se cumple también la condición lim│x1(t)─ Чi(t)│=0, (i=1,2,…,n), la soluciónЧi(t) (i=1,2,…,n) se llama asintóticamente estable.

El estudio de la estabilidad de una solución Чi(t)(i=1,2,…,n) del sistema se puede reducir al estudio de la estabilidad de la solución nula (trivial) xi=0 (i=1,2,….,n) de un sistema análogo al sistema:

$\frac{dxi}{dt}$=fi(x1,x2,…, Xn, t) (i=1, 2,….,n).Donde fi(0,0,…,0,t)

Se dice que xi≡0 (i=1,2,…,n) es un punto de reposo del sistema (1`). Para el caso del punto de reposo, las definiciones de estabilidad e inestabilidad se pueden formular así: El punto de reposo xi≡0 (i=1,2,…,n) es estable según Liapunov, si para cualquier ε>0 es posible hallar un ҕ>0 tal que cualquier solución xi(t) (i=1,2,…,n), (i=1,2,…,n) satisfacen a la condición

│xio│<ҕ (i=1,2,…,n) se verifica la desigualdad

│xi(t)│<ε (i=1,2,…,n) para todos los valores t≥ t0 la significación geométrica para

n=2 es la siguiente:

Por muy estrecho que sea el cilindro de radio e con el eje Ot, existe en el plano t=ta un entorno del punto (0,0,to), de amplitud 2β, tal que todas las curvas integrales

Xi=x1(t)]

X2=x2(t)]

Que salen de este entorno se mantienen dentro de este cilindro para todos los valores t≥ t0. Si, además de la desigualdad, se cumplen también la condición lim│x1, (t)│=0 (i=1,2,..,n) la estabilidad se llama asintótica.

Si para valores de ҕ>U arbitrariamente pequeños no se cumple la condición (3`) al menos para una solución xi(t) (i=1,2,…,n), el punto de reposo del sistema xi≡0 (i=1,2,..,n) es inestable.

Sin embargo, según Pliego (2011), insistió en que la estabilidad del punto de equilibrio suele tener el significado de Liapunov, el matemático e ingeniero ruso que sentó las bases de la teoría que hoy lleva su nombre. Antes de introducir el concepto de estabilidad, se dan las siguientes definiciones:

Sea f : E −→ Rn una función continua en E donde E un subconjunto abierto de Rn. Diremos que x(t) es solución de la ecuación diferencial ˙x = f(x) en un intervalo I si x(t) es diferenciable en I y si para todo t ∈ I, x(t) ∈ E y

$$x(t)` = f(x(t)).$$

y dado x0 ∈ E, x(t) es una solución del problema con valor inicial.

$$x = f(x)$$

$$x(t0) = x0$$

en el intervalo I si t0 ∈ I, x(t0) = x0 y x(t) es una solución de la ecuación diferencial ˙x = f(x) en el intervalo I.A continuación, enunciaremos las definiciones de estabilidad:

El punto de equilibrio x0 para el sistema **x = f(x)** es estable si para **todo** ε > 0 se puede encontrar δ = δ(x0,ε) > 0 tal que si y0 − x0< **δ** entonces **y(t)** − para **Todo** t en **la** vecindad de ∞ **x0<ε,** donde y(t) denota la solución del sistema que satisface la condición inicial y(0) = **y0. En** caso **contrario,** se dice que el punto de equilibrio es **inestable.** Se dice que **un** punto de equilibrio x0 es asintóticamente **estable si, además** de ser estable, se puede encontrar una vecindad de x0 en E, tal que para todo y0 en esa vecindad, se cumple $\lim_{t\to\infty}$ y(t) = x0,donde y(t) denota la solución del sistema que satisface la condición inicial y(0) = y0.

Ecuaciones Diferenciales

Surgen interrogantes sobre el conocimiento en sentido propio y en especial sobre las matemáticas y las ecuaciones diferenciales, y uno se pregunta cómo obtenerlo, ¿cuál es la función de la acción cognitiva?, ¿qué? , lenguaje y notación para la operación de ecuaciones diferenciales? En el conocimiento de las ecuaciones diferenciales, podemos analizar en términos de epistemología matemática, ecuaciones diferenciales y epistemología didáctica de las matemáticas.

. Una ecuación diferencial ordinaria generalmente tiene la siguiente forma:

$$\boldsymbol{\frac{dy}{dx} + y = 3x}$$

Así, el nacimiento de la ecuación diferencial se dio cuando Leibnitz escribió la ecuación producto de y (la función dependiente), siendo la diferencial de y la mitad del cuadrado de y, esto se fijó el 11 de noviembre de 1675 Se utilizó un sistema de ecuaciones diferenciales. para probar la ley de la gravitación formulada por Newton, que prueba que la tierra gira alrededor del sol, describe un movimiento aproximadamente elíptico y una de sus fuentes es el sol. Por otro lado, Maxwell realizó la relación entre el campo magnético correspondiente y la corriente, a través de ecuaciones diferenciales (Aranda, 2007). Las ecuaciones diferenciales son muy importantes por su aplicación en la industria, en comunicación, tecnología, médica, mecánica, electrónica y en muchos casos industriales, donde su uso es más necesario. Así que aquí hay algunos ejemplos de tales aplicaciones:

Clasificación de Ecuaciones diferenciales

Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDO); (x, y, y'' , ''′ … yn) = 0 ecuación derivada parcial (EDP); (x, y, , u, $2u\partial x\partial y$…) = 0 claramente definidos y fáciles de entender, cuyas soluciones exactas se pueden encontrar. - Por otro lado, las EDO con soluciones no lineales no suman, sus soluciones se enredan más, y es muy raro encontrarlas en forma de puntos de funciones elementales: las soluciones suelen expresarse como secuencias o formas rellenas.

El desarrollo numérico y gráfico para ODE se puede resolver manualmente o mediante sistemas informáticos, poder aproximar las soluciones de ODE y sus derivadas puede ser beneficioso, en muchos casos suficiente para saltarse la solución analítica y correcta. Las ecuaciones diferenciales no lineales pueden exhibir un comportamiento muy complejo durante largos períodos de tiempo, con características de desorden y complejidad. - Investigación diferencial lineal homogénea: la investigación diferencial lineal homogénea es principalmente una subclase de investigación diferencial lineal para el dominio en el que la solución es un subespacio lineal, por lo que la suma de una combinación de soluciones o soluciones se considera una solución.

Las ecuaciones se utilizan en la vida cotidiana en finanzas, matemáticas, etc. Ecuaciones: son fundamentales en la vida cotidiana porque nos permiten determinar un valor determinado o resolver una incógnita, se utilizan en muchos campos como las finanzas, las matemáticas, la contabilidad, etc.

$$\frac{dy}{dx} - 4xy = 3, \quad \frac{d^2y}{dx^2} + 2\frac{dy}{dx} - 5y + 2 = 0, \quad \frac{dy}{dt} - 7\frac{dx}{dt} = 3, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 1.$$

Ecuacion diferencial de segundo orden:

Ejemplo $a_2(x)\, d^2 y/d\, x^n + a_1(x)\frac{dy}{dx} + a_0(x)\, y = g(x)$

Ecuación diferencial lineal de primer orden

Ejemplo $a_1(x)\frac{dy}{dx} + a_0(x)\, y = g(x)$

Las ecuaciones diferenciales de primer orden:se dan donde la derivada y , y´ que es la derivada de x respecto a y ,la cual aparece despejada en termino de una función fcontentiva de dos variables, entonces se presenta la función y su variable Y con su variableindependiente x , está dada por :

$Y^{i} = f(x,y)$, si no hay terminos en y entoce $Y^{!} = f(x)$

Para hallar la solución de la ecuación integramos en ambos lados

$Y = \int f(x)dx + C$

Ejemplos con condiciones iniciales:

$Y^{!} = f(x,y)$ con la condición inicial $f(x_0) = y_0$

La solución particular se obtieneconsiderando y calculando un valor elegido o condicion del parámetro C de la solucion general de una ecuación diferencial.

Sistemas de ecuaciones diferenciales de primer orden definición

Un sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden con dimensión n es un conjunto de n ecuaciones diferenciales de primer orden con n funciones incógnitas $x1\ (t)\ \ \ldots,\ xn\ (t)$ que dependen de una sola variable independiente t y su representación viene dada por

$\{\frac{dx1(t)}{dt} = f_1\ (t,\ x_1\ (t), \ldots \ldots x_n\ (t))$

$\{\frac{dxn\ (t)}{dt} = f_n\ (t,\ x_1\ (t),\ \ldots \ldots,\ x_n(t))$

Donde $f_1, f_2, \ldots\ldots\ldots f_n$ son las funciones de las n + 1 de t, $x_1, \ldots. x_n$

.

Este sistema se puede escribir de la siguiente forma:

X! = F(t, X)

Estabilidad: Método directo de Lyapunov para analizar la estabilidad del punto de equilibrio (0, 0) para los sistemas.

$\{x^! = -y - x^3 \{x^! = -xy^4$

$\{y^! = x - y^3 \{y^! = yx^4$

Para resolver este sistema se procederá de del siguiente modo:

Hallar la matriz del sistema linealizado respectivamente

$\frac{\partial v1}{\partial x} = -3x^2, \frac{\partial v1}{\partial y} = -1, \frac{\partial v2}{\partial y} = -3y^2,$

$A = v^!(0.0) = \left[\frac{\partial v1}{\partial x}\right](0.0)\left[\frac{\partial v1}{\partial y}\right](0.0) = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$

$\left[\frac{\partial v2}{\partial x}\right](0.0)\left[\frac{\partial v2}{\partial y}\right](0.0)$

Los valores propios de A son $\lambda = \pm\ i$, por lo que sus partes reales tienen un valor máximo µ de 0. Un sistema linealizado no revela información sobre la estabilidad a la que se refiere. La función f(x, y) = x 2 y 2 es derivable cerca del origen (en realidad en todo el plano) y tiene un mínimo estricto allí. Esto significa que f puede ser una función de Lyapunov.

Se hallará la derivada de f respecto de v:

$L_v f(x,y) = <\nabla f(x.y), v(x,y)> = <(2x,2y), (-y-x^3, x-y^3)> = -2xy - 2x^4 + 2xy - 2y^4 = -2(x^4+y^4) < 0,$

$\forall (x.y) \neq (0,0)$

Es decir, f es función estricta de Lyapunov para el origen, lo cual implica que este punto es asintóticamente estable del sistema dado.

Ahora hallamos la matriz del sistema linealizado correspondiente

$\frac{\partial v1}{\partial x} = -y^4, \frac{\partial v1}{\partial y} = -4xy^3, \frac{\partial v2}{\partial x} = 4xy^3, \frac{\partial v2}{\partial y} = x^4,$

$A = v^{!}(0.0) = \left[\frac{\partial v1}{\partial x}\right](0.0) \qquad \left[\frac{\partial v1}{\partial y}\right](0.0) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$

$\left[\frac{\partial v2}{\partial x}\right](0.0) \qquad \left[\frac{\partial v2}{\partial y}\right](0.0)$

Probemos si f (x,y) = x^2+y^2 es función de Lyapunovpara el origen.

F respecto de v es:

$L_v f(x,y) = <\nabla f(x.y), v(x,y)> = <(2x,2y), (.xy^4, yx^4)> = -2x^2y^4+2y^2x^4 = 2x^2y^2\ (x^2-y^2)$

En la recta x= 2y tenemos:

$L_v f\ (2y,y) = 2(4y^2)y^2(3y^2) = 24y^6 > 0,\ \forall y > 0$

Como Lvf tiene valores positivos en cada cuadrante perforado del origen, f no es una función de Lyapunov para este punto. Ahora elijamos g(x, y) = x4 y4 que es diferenciable cerca del origen (en realidad en todo el plano) y tiene un mínimo estricto allí. Esto significa que g puede ser una función de Lyapunov. Encontremos la derivada de g con respecto a v:

Lvg(x,y)=<∇g(x.y),v(x,y)>=<(4x3,4y3),(.xy4,yx4)>=-4x4y4 4x4y4=0≤0,∀(x,y))∈R2

Es decir, g es una función de origen de Lyapunov no rígida, por lo que podemos estar seguros de que es un punto estable para un sistema dado. A continuación se explicará el teorema (Pliego, 2011) para la clasificación estabilidad estabilidad de sistemas de ecuaciones lineales de segundo orden, asumiendo un sistema homogéneo de ecuaciones lineales:

$$\begin{Bmatrix} x` = ax + by, \\ y' = cx + dy, \end{Bmatrix}$$

donde K1 y K2 son los valores propios de la matriz de los coeficientes.

Variable

Modelo matemático para la evaluación de enfermedades infecciosas mediante el teorema de Liapunov.

Definición Conceptual

Según la Universidad Santa María (2003), la definición conceptual de cambio es: "una expresión de significado asignada por el investigador para ser extendida a lo largo del trabajo" (p. 17); se proporcionan términos claros y simples observables y medibles. En este sentido, como explican los autores, las variables son las características o propiedades que configuran los aspectos principales del estudio, en las que se superponen los objetivos de la investigación, de forma que se pueda registrar y medir el valor de la autorrepresentación.

A continuación se presenta la definición del concepto correspondiente a la variable de investigación Según Guillén (2010), un modelo matemático es utilizar el lenguaje matemático para describir objetos que existen en el universo desconocido. Conocemos pronósticos meteorológicos basados en modelos meteorológicos matemáticos y pronósticos económicos basados en modelos matemáticos económicos. La mayoría de las aplicaciones computacionales (como los problemas de máximos y mínimos) implican modelos matemáticos. Esto asegura que, de acuerdo con estos lineamientos, los modelos desarrollados en este estudio serán predecibles con características lineales y no lineales, respectivamente.

Definición de operación

Al respecto, la Universidad de Santa María (2003) planteó que la definición operativa de una variable es la siguiente: "Desglosarla en aspectos cada vez más simples permite la mayor aproximación medible, agrupando por nombres de dimensión, subíndices y firmas según sea necesario ." (pág. 18); esta definición se refiere al proceso utilizado para medir variables de facetas agrupadas en facetas, como señala Sabino (2003): "Componentes Importantes" (p. 13). En otras palabras, una dimensión es un componente específico de la variable de investigación a la que se relaciona directamente el interés y cuyo índice se resta como uno de los aspectos estructurales considerados en el estudio.

En este sentido, Bautista (1998) afirma: “Los índices son variables empíricas que se pueden observar directamente” (p. 11), con lo que este autor entiende que los indicadores son variables divididas en funciones o señales que, al ser observadas directamente, estas características o las huellas se convierten en signos y huellas de la realidad. En el presente estudio, la adaptación se ha realizado por regiones, subregiones e instrumentos. Esta investigación transita desde la caracterización de enfermedades infecciosas hasta el desarrollo de modelos matemáticos para comprender y refinar el teorema de Lyapunov sobre el Covid-19, propuesto por el estado venezolano de Trujillo, a través del control.

Enfermedad Infecciosa:

Conocemos como enfermedad infecciosa a todos aquellos padecimientos que puede contraer una persona por un agente o infección externa que se encuentre en el ambiente, estos pueden ser hongos, enfermedades o bacterias, la mayoría de estas son sumamente contagiosas llegando a causar pandemias completas en distintas naciones y causar enfermedades. En resumen podemos decir, que dentro nuestro sistema y en el cuerpo humano habitan partículas y organismos que cumplen diversas funciones en nuestro interior, muchos de ellos pueden ser beneficiosos como otros simplemente habitan sin generar problemáticas, sin embargo, en muchas otras ocasiones estos mismos pueden generar patologías infecciosas dañinas para el ser humano, generando enfermedades infecciosas. Es importante conocer que estos mismos gérmenes los encontramos a donde quiera que miremos, puede ser en el aire que respiramos día a día, en el suelo que pisamos, como también el agua que consumimos habitualmente, esto nos da a entender que dentro de nuestro sistema se encuentran todos este tipo de bacterias, allí es donde entran nuestros agentes de defensa para la prevención de cualquier enfermedad. Este tipo de gérmenes pueden ser contraídos en numerosas situaciones como:

- El contacto directo con personas, esto puede ser mediante la respiración directa de los gérmenes que se encuentran en el aire, como también contacto físico como besarse, tocarse ser abrazados como también mantener relaciones sexuales. Otro dato muy importante a resaltar es que las enfermedades infecciosas pueden ser heredadas de una madre en embarazo a sus hijos de forma directa.
- Por otro lado, también pueden ser contraídos mediante el contacto indirecto, las bacterias pueden sobrevivir en condiciones y superficies húmedas y durante cierto tiempo, por ello los gérmenes y organismos nocivos pueden ser adquiridos mediante el tacto de superficies como perillas de puertas, barandas, mesas entre muchas otras, así siendo contraídas de persona a persona.
- Igualmente, estas también pueden ser contraídas por mordidas de animales salvajes, como también picaduras de algunos que otros insectos nocivos, o por el consumo e ingesta de varios de los mismos.
- Y por último y la más común de todos, por el consumo de alimentos, bebidas, agua, o otras sustancias que tengan el virus o germen en cuestión.
- Igualmente podríamos decir que pueden ser usadas o transmitida des a través de secuelas de otras enfermedades demasiado comunes

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

Para el capítulo en desarrollo, se asumió la posición de Balestrini (2006), quien acota que el marco metodológico es “la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real”

(p. 126); es decir, se plantearon un conjunto de operaciones técnicas en el desarrollo de la investigación hasta la obtención de los datos.

Tipo de investigación

De acuerdo al problema planteado referido al modelo matemático para la evaluación de enfermedades infecciosas mediante el teorema de Liapunov, y en función de sus objetivos, se tipificó como una investigación documental (2006), quien sostiene que es “aquella en la que el mismo objeto de estudio sirve como fuente de información para el investigador, el cual recoge directamente los datos de las conductas observadas” (p. 96).

El primero diagnostica inicialmente la situación existente en la realidad investigada con el fin de determinar las variables de entrada y salida para la evaluación de enfermedades infecciosas utilizando el teorema de Lyapunov. En la segunda fase del proyecto, a partir de los resultados, se desarrolla una propuesta de acción, que se refiere al desarrollo de un modelo matemático que intenta dar respuesta o solucionar un problema.

Diseño de la Investigación

Cuando un investigador diseña una forma práctica y concreta de responder una pregunta de investigación, el diseño es un camino que le dice al investigador qué hacer para lograr los objetivos de la investigación y responder las preguntas. En este sentido, este estudio corresponde a un diseño de campo no experimental, transversal, ya que se realizó en un entorno natural sin manipular directamente las variables. En este sentido, se tienen en cuenta los criterios de Hernández, Fernández y Baptista (2010) para determinar el diseño de investigación, este garantiza que todas las investiagaciones rurales la información se obtiene directamente de las personas relacionadas a la misma o en el entorno donde estos evolucionan

Asimismo, si el diseño se clasifica como transversal, se refiere a información recopilada en un momento o punto en el tiempo, que según Hernández et al. (2010) se define como un estado en un momento determinado: un panorama cambiante de uno o más grupos de personas, cosas o indicadores.

Población, Muestra y Unidad de Análisis

Para este estudio, la población en su conjunto puede ser el fenómeno objeto de estudio, puede definirse como un conjunto completo de distintas unidades de análisis, puede identificarse como un conjunto de N elementos que participan de unas características. El determinante es lo que determina a la población, la población es la suma de los fenómenos estudiados, donde las unidades tienen rasgos comunes, es decir, las características que se estudian y producen datos de investigación. En cuanto a la definición anterior sobre Arias (Arias 2006 p. 8).

La población, que es un conjunto limitado o ilimitado de elementos de similares características, las conclusiones del estudio serán integrales y surgirán también por la oclusión de zonas bajas. Por otra parte, más concretamente, según Tamayo, T. Ytamayo, M (1997) argumentó que una muestra es un conjunto de individuos extraídos de una población para estudiar un fenómeno estadístico. Todo ello conlleva a la ausencia de selección de población y encuesta en este estudio, por lo que es necesario estudiar la recogida de datos a partir de una única unidad de análisis.

Según Hurtado (2008), la unidad de análisis es aquella parte del conjunto empresarial que es objeto directo de estudio de la variable. Bavaresco (2006), por su parte, ha identificado que la unidad de análisis es el conjunto de elementos objeto de estudio. En otras palabras, la unidad de análisis se refiere al entorno, la característica o la variable que desea examinar. Por su parte, Hernández, Fernández y Baptista (2003) argumentan que la unidad de análisis se refiere a una muestra, es decir, un grupo de personas, un contexto, un evento, un incidente, una sociedad, etc., contra los cuales se analizan los datos. se va a recoger. Rada, G. (2007) define la unidad de análisis como la unidad mayor o representativa del objeto de investigación específico en la medición, refiriéndose a qué o quién es el objeto de interés de la investigación de medición. Con base en las definiciones anteriores, las unidades de investigación de este estudio se enfocan en el sistema de recolección y recolección de datos en el país de Venezuela, a través del cual se recolectan datos de investigación para observar los fenómenos que crean las variables.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Con base en los objetivos formulados en este estudio, se propuso un modelo matemático para la evaluación de enfermedades infecciosas con la ayuda del teorema de Lyapunov, se realizaron varios elementos diferentes que utilizaron varios métodos de recopilación de información. Información que finalmente es relevante para la meta propuesta (Hernández et al., 2010). Esta estrategia debe seguir tres fases básicas:
Se puede decir que el primero describe todas las teorías en este trabajo, indicando así el marco teórico y la evaluación de la investigación a través del etiquetado. El segundo está relacionado con la identificación de variables en el modelo matemático para la evaluación de enfermedades infecciosas utilizando el teorema de Lyapunov; la tercera etapa, utilizando el teorema de Lyapunov, lo relaciona con el nuevo modelo matemático junto con las pautas para la implementación de la evaluación de enfermedades infecciosas.

En este sentido, teniendo en cuenta la naturaleza de la investigación y en función de los datos requeridos tanto del tiempo teórico como del método de investigación, y sobre todo de la presentación escrita del trabajo -llamado protocolo técnico-instrumental de investigación, porque en al presentar una oferta, se requieren los datos que se encuentran en el archivo. Para cumplir con este requisito, Balestrini (2006) afirma que "contienen principios sistemáticos y normas de práctica que son rigurosas y deben ser aplicadas al material bibliográfico que será utilizado a lo largo del proceso de investigación" (p. 152). Se puede decir que también se utilizan algunas habilidades de operación estándar, un total de dos habilidades que pueden liberar documentos de varias fuentes en forma de texto para que se puedan administrar documentos de varias fuentes.

El investigador utiliza para procesar fenómenos y obtener información de ellos; es un recurso que utiliza un investigador para registrar información o datos sobre las variables que está considerando. Esta herramienta complementa toda la investigación previa que resume la contribución del marco teórico a la selección de datos relevantes para los indicadores y por ende las variables o conceptos utilizados (Hernández et al., 2003).

También es importante recalcar que la técnica de verificación de documentos se basa en todos los recursos que permiten un uso óptimo y racional de los programas de documentos que se encuentran en la función de información. Se identifican principalmente utilizando gráficos y grabaciones de audio como fuentes de información, identificados a través del procesamiento de mensajes grabados en forma escrita a mano e impresa, y combinados con investigación bibliográfica y de archivo. En base a esto en este estudio, la tecnología de enfermedad infecciosa del estado de Tirujillo (COVID-19) enfatizó la información y enfatizó el proceso de medición real y la obtención de datos de salud.

La herramienta se define como un cuaderno, donde el observador lo lleva con todas las observaciones, una de las cuales una información, datos, expresión, expresión, expresiones, expresiones, creencias, hechos, bocetos puede ser información valiosa sobre la investigación (Cerda, 1991). También se utilizan métodos de literatura como reseñas de libros existentes, revistas y modelos de regresión matemática para brindar buenas prácticas en la identificación de marcos computacionales para estructuras matemáticas.

Procedimiento de la Investigación

Al recibir información, se trata del desarrollo de una determinada sociedad, en tanto es necesario explicar de manera sistemática las diversas etapas metodológicas de esta investigación, donde se desarrollan todos los detalles que la caracterizan y servirán para alcanzar los objetivos específicos de esta estudiar. En este sentido, la investigación actual se lleva a cabo de acuerdo con un procedimiento determinado, que proporciona métodos de trabajo respaldados y validados en la práctica, utilizando métodos bien reconocidos en el campo de la ciencia. Las etapas de desarrollo de la investigación se describen a continuación:

1.Planteado del problema y objetivos de la investigación. En esta paso se estudia el problema seleccionado y se determina su significado para el entorno de la investigación y en su defecto el proyecto llevado a cabo . Luego se buscó información de antecedentes y se elaboró una serie de cuestionarios para determinar los objetivos generales y específicos del estudio. 3. Las variables de investigación han sido identificadas. Se identifica el diseño y tipo de investigación, población, muestra, métodos y técnicas de recolección de datos. Las variables del modelo matemático para la evaluación de enfermedades infecciosas están determinadas por el teorema de Lyapunov. Basado en el teorema de Lyapunov, para crear un modelo matemático variable para la evaluación de enfermedades infecciosas. Una vez desarrollada la propuesta, se realizarán conclusiones y recomendaciones en base a los resultados.

Igualmente al momento de llevar a cabo la investigación se tomo en cuenta algo totalmente documental donde tomaremos en cuenta muchísimos trabajos ofrecidos por otros tesistas y a partir de allí podremos comprobar si realmente se encuentra valida la propuesta de trabajar con teoremas para resolver problemáticas , en poca palabras nada mejor que certificar una investigación con bases totalmente ajenas y poder comparar trabajos para llegar a un resultado optimo e efectivo.

CAPÍTULO IV

ANÁLSIS DE RESULTADOS

Este tipo de análisis se presenta como el estudio, que analiza las diferentes áreas y su relación con las variables estudiadas. (Hernández et al., 2010). Una vez recopilada la información, se construye en postulados y fórmulas. Obviamente sin olvidar el sistema que se refleja de forma dinámica asi como las matrices y teorema de Lyapunov, el análisis se realiza de inmediato y se utiliza el enfoque del modelo SEAIR para un control total. Por lo tanto, para realizar cada análisis por separado, los resultados fueron elegidos para sustentar la propuesta de evaluar modelos matemáticos de enfermedades infecciosas según el teorema de Lyapunov.

Analizar, interpretar y discutir los resultados.

Esta sección presenta primero modelos matemáticos que en un futuro obtendrán diferentes resultados enfermedades infecciosas usando el teorema de Lyapunov y los analiza, interpreta y compara de acuerdo a sus propósitos generales y específicos:

La practica de la estabilidad local y global del modelo dependerá enteramente del número de reproducción R0 (Apéndice A. Contagiados de Covid-19 en Venezuela 2020-2022). Nuevamente, el alcance de este modelo matemático es estudiar la situación de reinfección; así, para obtener un nuevo número de reproducción R0, la estructura del modelo es la siguiente:

• Necesitamos basarlo en un sistema dinámico porque definitivamente es un modelo dinámico.

• Definición de estabilidad, tratamiento de matrices generadoras y teoremas relacionados con las funciones de Lyapunov.

• Introduciremos el método del modelo SEAIR modelo matemático para estudiar la región invariante positiva y epidemia de Covid-19, la existencia y unicidad del punto libre, para posteriormente analizar el modelo de punto de estabilidad.

Para el **Objetivo Específico Nº 1**, referido a Identificar las variables para la evaluación de enfermedades infecciosas.De tal manera que, un Modelo Matemático los Sistemas Dinámicos nos ayudan a mostrar las variaciones de los Estados o Variables en el tiempo, que se transforma en una herramienta fuerte y estable para el modelamiento matemático.

En este sentido, la finalidad de los sistemas dinámicos, en ecuaciones o sistemas diferenciales (Ecuaciones Diferenciales) lineales o no lineales que nos van a permitir realizar una descripción en detalle, estudio o predicción de su comportamiento en el tiempo. Además, los Modelos que utilizaremos son Sistemas de Ecuaciones Diferenciales No Lineales, tales modelos los representaremos de la forma:

$$\boldsymbol{\frac{dx}{dt}} = \boldsymbol{x}' = \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \ (\mathbf{1})$$

Donde$\boldsymbol{f}: \boldsymbol{U} \subset \mathbb{R}^{\boldsymbol{m}} \longrightarrow \mathbb{R}^{\boldsymbol{m}}$**,** es un Campo Vectorial**;** el vector $x = x_1, x_2, \ldots\ldots\ldots, x_m$, son las Variables a estudiar y $\mathbb{t} \in \mathbb{R}$**,** es el Tiempo.La ecuación (1) es también definida como Sistema Autónomo pues la función $\boldsymbol{f}$ no depende de la Variable Independiente.

Por otro lado, $\boldsymbol{f}$ es Campo Vectorial, que asigna a cada $\boldsymbol{x} \in \boldsymbol{U}$ un Vector de Velocidad ***f(x)***, y además, genera los flujos del sistema lo que forman un subconjunto muy importante: una clase de aplicaciones caracterizados por la siguiente definición:

Definición 1(Flujo). Un Flujo en una aplicación en la cual se representan de la siguiente forma:$\emptyset: \mathbb{I} \subset \mathbb{R} * \overline{\boldsymbol{X}} \longrightarrow \overline{\boldsymbol{X}}$, donde $\overline{\boldsymbol{X}}$es un Espacio Métrico con las siguientes propiedades:

a) $\emptyset(\mathbf{0}, \boldsymbol{x}) = \boldsymbol{x}$ **para todo** $\boldsymbol{x} \in \overline{\boldsymbol{X}}$

b) $\emptyset(\boldsymbol{t} + \boldsymbol{s}, \boldsymbol{x}) = \emptyset\big(\boldsymbol{s}, \emptyset(\boldsymbol{t}, \boldsymbol{x})\big) \Rightarrow \emptyset[\boldsymbol{t}, \emptyset(\boldsymbol{s}, \boldsymbol{x})] \Rightarrow \emptyset[\boldsymbol{s} + \boldsymbol{t}, \boldsymbol{x}]$

c) Para *t fijo*, $\emptyset_t$ **es un Hemeomorfismo en** $\overline{\boldsymbol{X}}$

<u>Definición 1.1</u> (Hemeomorfismo). Una aplicación $\boldsymbol{f}: (\overline{\boldsymbol{X}}, \boldsymbol{\tau}) \longrightarrow (\boldsymbol{Y}, \boldsymbol{\tau}')$entre dos espacios topológicos se define Hemeomorfismo si es una aplicación biyectiva y tanto $\boldsymbol{f}$ como su Inversa $\boldsymbol{f}^{-1}$son continuas. Sucesivamente, y de manera equivalente, el flujo puede definirse como una familia de aplicaciones $\emptyset_{\boldsymbol{t}}: \overline{\boldsymbol{X}} \longrightarrow \overline{\boldsymbol{X}}$ tal que las propiedades (a - c) se mantienen para todo $\boldsymbol{t}, \boldsymbol{s} \in \mathbb{R}$.

<u>Definición 2</u>. El conjunto de puntos $\{\emptyset(\boldsymbol{t}, \boldsymbol{x_0})/\boldsymbol{t} \in \boldsymbol{I}\}$define una órbita de la ecuación (1) empezando desde un punto dado $\boldsymbol{X_0}$. Es una curva de solución en el espacio de estado parametrizado por el tiempo.

<u>Definición 3</u>. El conjunto $\{[\boldsymbol{t}, \emptyset(\boldsymbol{t}, \boldsymbol{x_0})]/\boldsymbol{t} \in \boldsymbol{I}\}$ es una trayectoria de la ecuación (1) y evoluciona en el espacio de movimientos.

<u>Nota 1</u>. Debemos destacar la diferencia entre el flujo y trayectoria para no entrar en confusión. Para esto, consideramos que el sistema de la ecuación (1) es una descripción del movimiento de un fluido, mientras una trayectoria del sistema describe el movimiento de la partícula en el fluido mientras el flujo de la ecuación (1) describe el movimiento de todo el fluido.En este sentido, un sistema dinámico es necesario conocer los puntos de equilibrio, que denotaremos por $\boldsymbol{x}^*$. Estos puntos satisfacen $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}^*) = \boldsymbol{0}$ en la ecuación (1).

Para nuestro estudio, estamos interesados en comprender la estabilidad del sistema en su estado estacionario, es decir su capacidad para permanecer cerca del equilibrio. En el caso de estabilidad local o reequilibrio después de una perturbación, independientemente del punto de partida, es globalmente estable. Al estudiar la estabilidad local del punto de equilibrio se utiliza el método de linealización, que consiste en $\boldsymbol{x}^*$del sistema, se define la Matriz Jacobiana de $\boldsymbol{f}$evolucionada para el punto $\boldsymbol{x}^*$, como:

$$\boldsymbol{J}(\boldsymbol{x}^*) = \boldsymbol{Df}(\boldsymbol{x}^*) \Rightarrow \boldsymbol{y}' = \boldsymbol{J}(\boldsymbol{x}^*)\boldsymbol{y} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \ (\boldsymbol{2})$$

La ecuación (2) es el sistema linealizado en una Vecindad de $\boldsymbol{x}^*$.

Definición 4. El equilibrio $\boldsymbol{x}^*$ es estable si para cualquier $\mathbb{R} > \mathbf{0}$ existe $\mathbb{r} > \mathbf{0}$ tal que, si $\| \boldsymbol{x_0} - \boldsymbol{x}^* \| < r$, entonces $\| \boldsymbol{x(t)} - \boldsymbol{x}^* \| < R$. Es asintóticamente estable, si además de ser estable satisface que existe:

$$\mathbb{r} > \mathbf{0}\ \boldsymbol{tal\ que}\ \ \| \boldsymbol{x_0} \| < r\ \boldsymbol{lo\ que\ implica\ que}\ \lim_{\boldsymbol{t}\to\infty} \emptyset(\boldsymbol{t}, \boldsymbol{x_0}) = \boldsymbol{x}^*$$

Por otro lado, el equilibrio es globalmente asintóticamente estable si la Vecindad de radio $\mathbb{R}$ coincide con el espacio de estados, es decir, $\mathbb{R}^{\boldsymbol{m}}$.Para terminar, el punto de equilibrio es inestable si no es estable, esto quiere decir, que existe al menos un $\boldsymbol{t_1}$, tal que su trayectoria $\emptyset(\boldsymbol{t_1}, \boldsymbol{x_0})$ tiene puntos fuera de la vecindad de Radio $\mathbb{R}$**.**

Teorema 1 (Hartman-Grobman). Si x^* es el punto hiperbólico de la ecuación (1), es decir, cuando todos los autovalores tienen partes reales cero, entonces existe un Homeomorfismo **h** en algún Vecindario N de x^* en R^m, tomando la órbita localmente de la ecuación del sistema no lineal (1) a las ecuaciones del sistema lineal. Así, el mapeo h conserva el sentido de Órbita y también puede ser elegido para conservar la parametrización en el tiempo. Para una demostración del Teorema 1 nos remitimos a Medio y Lines (2001, p. 72), donde afirma que con este teorema nos asegura: "La dinámica de cualquier sistema dinámico continuo no lineal es análoga al sistema lineal It. en casi el punto de equilibrio hiperbólico. De la misma linealización podemos determinar la estabilidad local del sistema dinámico, que obtenemos del signo de los valores propios encontrados en Jacobi. Por lo tanto usamos el siguiente teorema de Martcheva

(2015, p. 47)

Teorema 2. Una condición necesaria y suficiente para que el punto de equilibrio sea localmente estable asintóticamente es que todos los valores propios del jacobiano tengan partes reales negativas. Sin embargo, a partir de este teorema no es fácil observar los signos de los autovalores encontrados según sean extensos o complejos. Esto utiliza el criterio de "Routh -

Hurwitz". Negativo.

Teorema 3 (prueba de Routh-Hurwitz). Considere un polinomio con coeficientes reales constantes de grado n: P(λ)=λ^n+a_1 λ^(n-1)+a_2 λ^(n-2)+...……… …+a_nse define a Hurwitz. Matriz, con (H_n) coeficientes polinómicos a_j:

$$\boldsymbol{H_1 = (a_1)} \qquad \boldsymbol{H_2 = \begin{pmatrix} a_1 & 1 \\ a_3 & a_2 \end{pmatrix}} \qquad \boldsymbol{H_3 = \begin{pmatrix} a_1 & 1 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 \\ a_5 & a_4 & a_3 \end{pmatrix}}$$

$$\boldsymbol{H_n = \begin{pmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & \cdots & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & a_n \end{pmatrix}}$$

$$\boldsymbol{donde\ a_j = 0\ cuando\ J} > n$$

Todas las raíces del polinomio $\boldsymbol{p(\lambda)}$ son negativos si y solo si los determinantes de todas las matrices de Hurwitz son positivos, esto es: $\boldsymbol{Det(H_j)} > 0\ ; J = 1 \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots n\boldsymbol{.}$

El criterio de Routh-Hurwitz para polinomiosesta dado en la tabla mostrada a continuación:

Tabla 2. Criterio de Routh - Hurwitz

n	**Signo de los Coeficientes**	**Condiciones**
2	$\boldsymbol{a_1} > 0 , \boldsymbol{a_2} > 0$	***
3	$\boldsymbol{a_1} > 0 , \boldsymbol{a_2} > 0 , \boldsymbol{a_3} > 0$	$\boldsymbol{a_1 a_2 > a_3}$
4	$\boldsymbol{a_1} > 0 , \boldsymbol{a_2} > 0 , \boldsymbol{a_3} > 0 , \boldsymbol{a_4} > 0$	$\boldsymbol{a_1 a_2\, a_3 > a_3^2 + a_1^2 a_4}$
5	$\boldsymbol{a_1} > 0 , \boldsymbol{a_2} > 0 , \boldsymbol{a_3} > 0 , \boldsymbol{a_4} > 0 , \boldsymbol{a_5} > 0$	$\boldsymbol{a_1 a_2\, a_3 > a_3^2 + a_1^2 a_4 \Rightarrow}$ $\boldsymbol{(a_1 a_4 - a_5)(a_1 a_4 a_3 - a_3^2 + a_1^2 a_4)} >$

$$a_5(a_1a_2 - a_3)^2 + a_1a_5^2$$

Fuente: Adaptación de Rodríguez y Rodríguez (2022)

El objetivo específico 2 aborda la creación de una matriz de evaluación de enfermedades infecciosas de próxima generación. En este sentido, el método de matriz de próxima generación fue desarrollado por los matemáticos Diekmam y Heesterbeek en 1990 y se basa en la observación de que R_0 caracteriza la propagación de una infección como una generación de descendientes o definida epidemiológicamente como el número de casos secundarios. Una persona infectada se acumula en una población susceptible durante la infección, dando como resultado un proceso infeccioso que puede seguir el proceso demográfico de sucesivas generaciones de personas infectadas. El factor de crecimiento para cada generación nos da el potencial de crecimiento, la representación matemática de este factor es R_0. (Ver Martcheva, 2015, p. 104 para detalles y detalles). Por lo tanto, para este enfoque, consideramos un modelo particionado de ecuación diferencial ordinaria de transmisión de enfermedades dividido en el comportamiento de n individuos infectados y el comportamiento de m individuos no infectados, lo que genera un modelo de ecuación diferencial ordinaria (ODE) con n m variables de correlación.

Que $\mathcal{X} \in \mathbb{R}^n$ vectores de variables de comportamiento e infectados $\mathcal{Y} \in \mathbb{R}^m$ Un vector de variables de comportamiento no infectadas. Cubriremos los siguientes pasos:

1. Cree el sistema ODE original para los primeros ncomponentes correspondientes al comportamiento infectado. en breve,

$$\begin{aligned} \mathcal{X}'_i &= f_i(x, y), \quad i = 1 \ldots\ldots\ldots n \\ \mathcal{Y}'_j &= g_i(x, y), \quad j = 1 \ldots\ldots\ldots m \end{aligned} \qquad (2)$$

1. Separamos absolutamente el lado derecho con los comportamientos que pueden denotar infección, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\mathcal{X}'_i} &= \boldsymbol{f_i(x, y) - \mathcal{V}_i(x, y)}\,, \quad && \boldsymbol{i = 1 \ldots \ldots \ldots n} \\ \boldsymbol{\mathcal{Y}'_j} &= \boldsymbol{g_i(x, y)}\,, && \boldsymbol{j = 1 \ldots \ldots \ldots m} \end{aligned} \qquad (3)$$

En donde, $\boldsymbol{f_i(x, y)}$ es la tasa de aparición de nuevas infecciones en el i-esimo comportamiento y $\boldsymbol{\mathcal{V}_i(x, y)}$ incluye los períodos de transición restantes, es decir, nacimientos, muertes, progresión de la enfermedad y recuperación.

Asumir que el sistema libre de enfermedad $\boldsymbol{\mathcal{Y}' = g(0, y)}$tiene un único punto de equilibrio de infección $\boldsymbol{\mathcal{E}_0 = (0, y_0)}$ tal que las soluciones en condiciones iniciales de la forma $\boldsymbol{(0, y)}$**cuando** $\boldsymbol{t \to \infty}$**.**

2. Determinar las matrices $\boldsymbol{F}$ y $\boldsymbol{V}$ con componentes:

$$\boldsymbol{F} = \left[\frac{\partial f(0, \mathcal{Y}_0)}{\partial x_j}\right], \boldsymbol{V} = \left[\frac{\partial \mathcal{V}_i(0, \mathcal{Y}_0)}{\partial x_j}\right] \qquad (4)$$

A partir de la linealización del sistema (3), estas matrices aparecen libres de infecciones cuando se evalúan en el punto de equilibrio

:

$$\frac{\partial f_i(0, \mathcal{Y}_0)}{\partial \mathcal{Y}_j} = \frac{\partial \mathcal{V}_i(0, \mathcal{Y}_0)}{\partial \mathcal{Y}_j} = \boldsymbol{0}$$ Esto para cada par ***(i,j)***

Por lo tanto, la ecuación linealizada para el comportamiento no infectado X calculado en el punto de equilibrio no infectado se separa de las ecuaciones restantes.

3. La matriz siguiente generalizada se define por $\boldsymbol{\mathcal{K} = \mathcal{F}\mathcal{V}^{-1}\mathcal{Y}\mathbb{R}_0 = \mathcal{P}(k)}$ donde ***P(k)*** se denota por radio espectral de ***k***.

i. **Nota 2.** La separación del sistema (3) no es única, por lo que diferentes interpretaciones del proceso de la enfermedad pueden generar diferentes expresiones de los números de reproducción. Además, la separación cumple las siguientes condiciones:

ii. $f_i(0, y) = 0$, dice que todas las nuevas infecciones son derivadas de huéspedes infectados. Y $\boldsymbol{\mathcal{V}_i(0, y) = 0}$, nos dice que no hay migración de individuos susceptibles a comportamientos de infectados.

iii. $\boldsymbol{f_i(x, y) \geq 0} \qquad \forall \boldsymbol{x, y \geq 0}$

iv. $\boldsymbol{\mathcal{V}_i(x, y)} < 0$ $\mathbf{si}\ \boldsymbol{x_i = 0}$ $\mathbf{para}\ \boldsymbol{i = 1 \ldots \ldots \ldots \ldots n}$, cada componente $\boldsymbol{\mathcal{V}_i}$representa la salida neta de comportamiento y debe dar entrada solamente (es decir, ser negativo) si el comportamiento esta vacío.

v. $\boldsymbol{\sum_{i=1}^{n} \mathcal{V}_i(x, y) \geq 0}$,$\forall \boldsymbol{x, y \geq 0}$, nos indica que la salida total de todos los comportamientos infectados es positiva.

Con estos conceptos dados, podemos introducir el concepto de estudiar la estabilidad global de los puntos de equilibrio, que nuevamente usa funciones de Lyapunov, para estudiar la estabilidad local de los sistemas dinámicos.

Objetivo específico n.º 3, Determinación de las funciones de Lyapunov para la evaluación de enfermedades infecciosas. Las funciones de Lyapunov son una técnica utilizada para estudiar la estabilidad global de los puntos de equilibrio y su evolución. Por lo tanto, la tecnología se atribuye al matemático ruso Alexander Lapnov. Para introducir esta técnica, desarrollaremos algunas definiciones previas.

Definición 5. Una función escalar $\boldsymbol{\mathcal{L}(x)}$definida como $\boldsymbol{\mathcal{L}}: \mathbb{R}^{\boldsymbol{n}} \to \mathbb{R}$es radicalmente no acotada si $\boldsymbol{\mathcal{L}(x)} \to \infty$ si $\| \boldsymbol{x} \| \to \infty$**.** Además, la siguiente propiedad es muy importante en el desarrollo de la técnica Liapunov.

Definición 6. Sea $\boldsymbol{L}$ una función escalar continua, es definida positiva sobre el espacio completo si:

$$\boldsymbol{\mathcal{L}(x^*) = 0}$$

$$\boldsymbol{\mathcal{L}(x)} > 0\ \mathbf{para}\ \boldsymbol{x \neq x^*}$$

Donde $\boldsymbol{x}^*$es un equilibrio del sistema (1). Por consiguiente, el teorema de estabilidad de Liapunov una de las hipótesis es que $\boldsymbol{\mathcal{L}}'(\boldsymbol{x}) < 0$, sin embargo, a veces es necesario mostrar que es solo no positiva, lo que se mostrara en el siguiente teorema:

Teorema 4 (Krasovkii – La Salle).Consideremos el sistema autónomo en (1) donde $\boldsymbol{x}^*$es un punto de equilibrio. Supongamos que existe $\boldsymbol{\mathcal{L}}: \mathbb{R}^{\boldsymbol{n}} \to \mathbb{R}$ una función continuamente diferenciable, definida positiva en todo el espacio, radicalmente no acotada y que satisface: $\boldsymbol{\mathcal{L}}'^{(x)} \leq \mathbf{0} \quad \forall \boldsymbol{t} \quad \boldsymbol{y}\ \forall \boldsymbol{x} \in \mathbb{R}^{\boldsymbol{n}}$, se define el conjunto invariante: $\boldsymbol{g} = \{\boldsymbol{x} \in \mathbb{R}^{\boldsymbol{n}} / \boldsymbol{\mathcal{L}}'^{(x)} = \mathbf{0}\}$, si $\boldsymbol{g}$contiene solo el punto de equilibrio $\boldsymbol{x}^*$, entonces es globalmente estable.En este sentido, mostraremos una serie de teoremas que nos facilitaron la construcción de la función de Liapunov y su estudio para la Globalidad Asintóticamente Estable (G.A.S), de los sistemas no lineales continuos.

Se puede decir que para el primer teorema , según Shuai y Driessche (S/F), debemos tener en cuenta que:

$$\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}) = (\boldsymbol{\mathcal{F}} - \boldsymbol{\mathcal{V}})\boldsymbol{x} - \boldsymbol{f} + \boldsymbol{\mathcal{V}} \quad (5)$$

Entonces la ecuación (3), los comportamientos infectados podemos escribirlos como:

$$\boldsymbol{\mathcal{X}}' = (\boldsymbol{\mathcal{F}} - \boldsymbol{\mathcal{V}})\boldsymbol{x} - \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}) \quad (6)$$

Por otro lado, sea $\boldsymbol{\mathcal{W}}^{\boldsymbol{t}} \geq \mathbf{0}$ el auto-vector izquierdo de la matriz no negativa $\mathcal{V}^{-1}.\mathcal{F}$, correspondiente al auto-valor: $\boldsymbol{\rho}(\boldsymbol{\mathcal{V}}^{-\mathbf{1}}.\boldsymbol{\mathcal{F}}) = \boldsymbol{\rho}(\boldsymbol{\mathcal{F}}.\boldsymbol{\mathcal{V}}^{-\mathbf{1}}) = \mathbb{R}_{\mathbf{0}}$.

Teorema 5. Sean $\boldsymbol{\mathcal{F}}, \boldsymbol{\mathcal{V}}$ y $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y})$definidos en las ecuaciones (4) y (5) respectivamente. Si $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}) > 0$ en $\boldsymbol{\Omega} \subset \mathbb{R}_{\boldsymbol{t}}^{\boldsymbol{n}+\boldsymbol{m}}$, $\boldsymbol{\mathcal{F}} \geq \mathbf{0}$, $\boldsymbol{\mathcal{V}}^{-\mathbf{1}} \geq \mathbf{0}$ y $\mathbb{R}_{\mathbf{0}} \leq \mathbf{1}$,entonces la función $\mathcal{L} = \mathcal{W}^T \mathcal{V}^{-1} x$, es la función de Liapunov para el modelo (3) en $\boldsymbol{\Omega}$.

$\boldsymbol{\Omega}$ es la región utilizada en el modelo epidémico, generalmente elegida como un subconjunto compacto **de R_t^(n m)** tal que **(0,Y_0)∈Ω y Ω** son positivamente invariantes con respecto al modelo (3).

Por tanto, un sistema en cascada no lineal es de la forma:

$$\begin{aligned} \mathcal{X}' &= f(x,z) \\ \mathcal{Z}' &= \mathcal{S}(z) \end{aligned} \quad (7)$$

Donde $\boldsymbol{x} \in \mathbb{R}^{\boldsymbol{n}}, \boldsymbol{\mathcal{Z}} \in \mathbb{R}^{\boldsymbol{m}}$. $\boldsymbol{Asumiendo\ que\ f}: \mathbb{R}^{\boldsymbol{n}} * \mathbb{R}^{\boldsymbol{m}} \rightarrow \mathbb{R}^{\boldsymbol{n}}\ \boldsymbol{y}\ \boldsymbol{\mathcal{S}}: \mathbb{R}^{\boldsymbol{m}} \rightarrow \mathbb{R}^{\boldsymbol{n}}$**,** ambos son un campo vectorial $\boldsymbol{C}^{\perp}$**,** y si asumimos que $\boldsymbol{f}(\mathbf{0},\mathbf{0}) = \mathbf{0}$, $\boldsymbol{\mathcal{S}}(\mathbf{0}) = \mathbf{0}$, entonces $(\boldsymbol{x},\boldsymbol{z}) = (\mathbf{0},\mathbf{0})$es un punto de equilibrio del sistema cascada del modelo (7).

Teorema 6. Supongamos que **x=0** es el punto de equilibrio globalmente asintóticamente estable del subsistema **X^'=f(x,0)** y **Z=0** es el punto de equilibrio globalmente asintóticamente estable y del subsistema **Z^'=f(x,0)** El camino del modelo (7) [**X(t),Z(t)]** está acotado cuando **t** > **0**, entonces **(X,Z)=(0,0)** es el punto de equilibrio asintóticamente estable global del sistema en cascada (7).

CAPITULO V

POSTURA PERSONAL O PRODUCTO DE INVESTIGACIÓN

En el presente capitulo podemos encontrar las resoluciones de los diferentes problemas que se propusieron al principio con los objetivos tanto normales como específicos, el cual como ya lo conocemos se basa en diferentes resultados que fueron lanzamos por el teorema trabajado en este caso el Teorema de Liapunov trabajando las diferentes enfermedades que han sido perjudiciales para el mundo en la actualidad y se vuelven una problemática sumamente peligrosa para la humanidad en los próximos anos

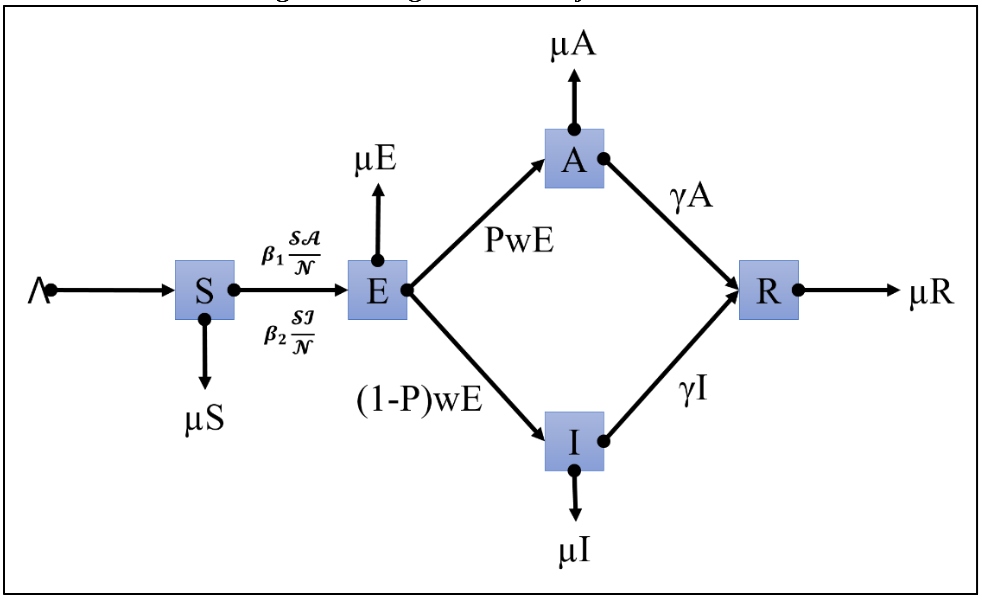
Obviamente después de limpiar absolutamente todos los objetivos nos enfocamos nada mas y nada menos en el objetivo numero 4 que es su defecto significa la elaboración de diferentes modelos matemáticos que mediante teoremas pueda intentar enfrentar las dichas enfermedades que fueron mencionadas anteriormente.

Presentación

Balestrini (2006), proponiendo un modelo matemático para la evaluación de enfermedades infecciosas basado en el teorema de Lyapunov, consideró su conjunto de procesos secuenciales para formular una formulación en relación a su definición y diseño, Balestrini (2006) indicó que utilizando .Introducción Cambio institucional en el nivel de propuesta debe elegirse "un sistema o modelo que implique un cambio teniendo en cuenta las realidades organizativas, sanitarias, económicas, jurídicas, administrativas, sociales y otras". (p. 191).

Modelo Compartimental

Imagen 1. Diagrama de Flujo del Modelo



Fuente: Rodríguez y Rodríguez (2022)

A continuación formularemos un sistema dinámico que represente el comportamiento de propagación del Covid-19 en una población, compuesto por un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales de primer orden y cinco (5) variables dependientes que representen a nuestra población:

1. Las personas emprendedoras son aquellas que gozan de buena salud pero pueden enfermarse.

2. Las personas expuestas (E) son personas que han tenido contacto directo con un distribuidor infectado.

3. Personas asintomáticas (A) Una persona que es capaz de propagar la enfermedad pero es asintomática.

4. Infectado (I) se refiere a una persona que está infectada y tiene síntomas.

5. El último recuperador (R) se refiere al individuo que adquirió inmunidad o falleció, y la variable independiente $t \geq 0$ representa el tiempo.

Nota 3. Para el modelo, consideramos que cada espacio abierto está asociado con el período de incubación de Covid-19, es decir. el tiempo que transcurre desde que un individuo se infecta hasta que puede transmitir la infección a otra persona, no debe confundirse con el período de incubación, el período de incubación se define como el tiempo entre la exposición a la infección y la aparición de los primeros síntomas. Luego explicamos el parámetro del modelo como:

- **Λ:** Tasa de reclutamiento, esto es, en la que se recluta diariamente la población que va a estar en contacto con los infectados.
- **μ:** Tasa por muerte natural.
- $\boldsymbol{\beta_1}\,\boldsymbol{\beta_2}$: Tasa de transmisión del Covid-19 por cada individuo asintomático e infectado respectivamente.
- **W:** Tasa de transferencia luego del periodo latente a ser asintomático o infectado.
- $\frac{1}{W}$: Es la aproximación de la duración del periodo latente.
- **P:** Probabilidad que indica el progreso de la infección, es decir, los individuos expuestos progresan al comportamiento de infectados asintomático con probabilidad P y el comportamiento de infectados con probabilidad (1-P)
- γ Tasa de recuperación, esta tasa indica la transferencia de los comportamientos de infectados al comportamientos de recuperados, esto es, los individuos que adquirieron inmunidad con los que fallecieron por el Covid-19.

El Modelo propuesto Compartimental de Sistemas de Ecuaciones Diferencial Ordinario (EDO) no lineal es:

$$\begin{gathered}
\mathcal{S}'(t) = \Lambda - \beta_1 \frac{\mathcal{S}\mathcal{A}}{\mathcal{N}} - \beta_2 \frac{\mathcal{S}\mathcal{I}}{\mathcal{N}} - \mu\mathcal{S} \\
\mathcal{E}'(t) = \beta_1 \frac{\mathcal{S}\mathcal{A}}{\mathcal{N}} + \beta_2 \frac{\mathcal{S}\mathcal{I}}{\mathcal{N}} - (\mathcal{W} + \mu)\mathcal{E} \\
\mathcal{A}'(t) = \mathcal{P}\mathcal{W}\mathcal{E} - (\gamma + \mu)\mathcal{A} \\
\mathcal{I}'(t) = (1 - \mathcal{P})\mathcal{W}\mathcal{E} - (\gamma + \mu)\mathcal{I} \\
\mathcal{R}'(t) = \gamma(\mathcal{A} + \mathcal{I}) - \mu\mathcal{R}
\end{gathered} \tag{8}$$

Región Positivamente Invariante

Observemos que:

$$\boldsymbol{\mathcal{N}}'(\boldsymbol{t}) = \boldsymbol{\mathcal{S}}'(\boldsymbol{t}) + \boldsymbol{\mathcal{E}}'(\boldsymbol{t}) + \boldsymbol{\mathcal{A}}'(\boldsymbol{t}) + \boldsymbol{\mathcal{I}}'(\boldsymbol{t}) + \boldsymbol{\mathcal{R}}'(\boldsymbol{t}) = \wedge - \boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mathcal{N}}$$

Si resolvemos la Ecuación Diferencial de primer orden la solución sería:

$$\boldsymbol{\mathcal{N}}(\boldsymbol{t}) = \frac{\wedge}{\boldsymbol{\mu}} + \boldsymbol{\mathcal{K}}\boldsymbol{e}^{-\boldsymbol{\mu}\,\boldsymbol{t}}$$

Dado que la población estudiada es representativa de la población, todas las variables de estado son siempre positivas, lo que nos permite confirmar que el conjunto de posibles soluciones invariantes está dado por la siguiente proposición:

Proposición 1. Las soluciones del sistema (8) son no negativos para $\boldsymbol{t} \geq \boldsymbol{0}$y la región factible es:

$$\boldsymbol{\Omega} = \left\{(\boldsymbol{\mathcal{S}}, \boldsymbol{\mathcal{E}}, \boldsymbol{\mathcal{A}}, \boldsymbol{\mathcal{I}}, \boldsymbol{\mathcal{R}}) \in \mathbb{R}_+^{\boldsymbol{5}} / \boldsymbol{0} < \boldsymbol{\mathcal{S}} + \boldsymbol{\mathcal{E}} + \boldsymbol{\mathcal{A}} + \boldsymbol{\mathcal{I}} + \boldsymbol{\mathcal{R}} \leq \frac{\wedge}{\boldsymbol{\mu}}\right\} \qquad (8)$$

Demostración. Para examinar la no negatividad de las soluciones consideremos las condiciones iniciales:

$$\begin{aligned} &\mathcal{S}(0) = \mathcal{S}_0 \geq 0 \\ &\mathcal{E}(0) = \mathcal{E}_0 \geq 0 \\ &\mathcal{A}(0) = \mathcal{A}_0 \geq 0 Para\ (\mathcal{S}, \mathcal{E}, \mathcal{A}, \mathcal{I}, \mathcal{R}) \in \Omega \\ &\mathcal{I}(0) = \mathcal{I}_0 \geq 0 \\ &\mathcal{R}(0) = \mathcal{R}_0 \geq 0 \end{aligned}$$

Se tiene:

$$\begin{gathered} \boldsymbol{\mathcal{S}}'(\boldsymbol{t})|_{\boldsymbol{\mathcal{S}}=\boldsymbol{0}} = \wedge > 0 \\ \boldsymbol{\mathcal{E}}'(\boldsymbol{t})|_{\boldsymbol{\mathcal{E}}=\boldsymbol{0}} = \boldsymbol{\beta_1}\boldsymbol{\mathcal{S}}\boldsymbol{\mathcal{A}} + \boldsymbol{\beta_2}\boldsymbol{\mathcal{S}}\boldsymbol{\mathcal{I}} > \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{\mathcal{A}}'(\boldsymbol{t})|_{\boldsymbol{\mathcal{A}}=\boldsymbol{0}} = \boldsymbol{\mathcal{P}}\boldsymbol{\mathcal{W}}\boldsymbol{\mathcal{E}} > \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{\mathcal{I}}'(\boldsymbol{t})|_{\boldsymbol{\mathcal{I}}=\boldsymbol{0}} = (\boldsymbol{1} - \boldsymbol{\mathcal{P}})\boldsymbol{\mathcal{W}}\boldsymbol{\mathcal{E}} > \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{\mathcal{R}}'(\boldsymbol{t})|_{\boldsymbol{\mathcal{R}}=\boldsymbol{0}} = \boldsymbol{\gamma}(\boldsymbol{1} - \boldsymbol{\mathcal{P}}) > 0 \end{gathered}$$

Si tenemos:

$$(\boldsymbol{\mathcal{S}_0}, \boldsymbol{\mathcal{E}_0}, \boldsymbol{\mathcal{A}_0}, \boldsymbol{\mathcal{I}_0}, \boldsymbol{\mathcal{R}_0}) \in \boldsymbol{\Omega}$$

Entonces obtenemos la condición:

$$\mathcal{N}_0 = \mathcal{S}_0 + \mathcal{E}_0 + \mathcal{A}_0 + \mathcal{I}_0 + \mathcal{R}_0$$

Y evaluando en la solución N:

$$\mathcal{N}_0 = \frac{\wedge}{\mu} + \mathcal{K},$$

Así, reemplazando $\mathcal{K} = \mathcal{N}_0 - \left(\frac{\wedge}{\mu}\right)$ en la ecuación $\mathcal{N}(t)$,se obtiene:

$$\begin{aligned}\mathcal{N}(t) &= \frac{\wedge}{\mu} + e^{-\mu t}\left(\mathcal{N}_0 - \frac{\wedge}{\mu}\right)\\ &= \frac{\wedge}{\mu} + \mathcal{N}_0 e^{-\mu t} - \frac{\wedge}{\mu} e^{-\mu t}\\ &= \left(\frac{\wedge}{\mu} - \frac{\wedge}{\mu} e^{-\mu t}\right) + \mathcal{N}_0 e^{-\mu t}\\ &= \frac{\wedge}{\mu}(1 - e^{-\mu t}) + \mathcal{N}_0 e^{-\mu t}\end{aligned}$$

Si ahora $t \to \infty$ entonces:

$$\mathcal{N}(t) \to \frac{\wedge}{\mu} \ ,$$

Pues si $t \to \infty$ entonces $e^{-\mu t} \to 0$, es decir todas las soluciones del modelo (8) están acotadas para $t \geq 0$. Por lo tanto, la región cerrada Ωes Positivamente Invariante atrayendo todas las soluciones del sistema.

Número Básico de Reproducción $\mathbb{R}_0$

Usando la técnica de matriz de próxima generación del modelo (8), veamos a los individuos infectados por vectores:

$$\mathcal{X} = (\mathcal{E}, \mathcal{A}, \mathcal{I})^t$$

Y las Ecuaciones Diferenciales del Sistema:

$$\mathcal{E}'(t) = \beta_1 \frac{\mathcal{S}\mathcal{A}}{\mathcal{N}} + \beta_2 \frac{\mathcal{S}\mathcal{I}}{\mathcal{N}} - (\mathcal{W} + \mu)\mathcal{E}$$
$$\mathcal{A}'(t) = \mathcal{P}\mathcal{W}\mathcal{E} - (\gamma + \mu)\mathcal{A}$$
$$\mathcal{I}'(t) = (1 - \mathcal{P})\mathcal{W}\mathcal{E} - (\gamma + \mu)\mathcal{I}$$

Buscamos números de reproducción clave en las matrices de tasa de infección y tasa residual, que son F y V, respectivamente: $\mathcal{F} = \begin{pmatrix} \beta_1 \frac{\mathcal{S}\mathcal{A}}{\mathcal{N}} + \beta_2 \frac{\mathcal{S}\mathcal{I}}{\mathcal{N}} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

$$\mathcal{V} = \begin{pmatrix} (\mathcal{W} + \mu)\mathcal{E} \\ -\mathcal{P}\mathcal{W}\mathcal{E} + (\gamma + \mu)\mathcal{A} \\ (\mathcal{P} - 1)\mathcal{W}\mathcal{E} + (\gamma + \mu)\mathcal{I} \end{pmatrix}$$

Si calculamos el Jacobiano en cada Matriz y asumimos que existe el punto libre de Covid-19 dado por $\left(\frac{\wedge}{\mu}, 0, 0, 0, 0\right)$, y evaluamos en las Matrices, obtenemos:

$$\mathcal{F} = \begin{pmatrix} 0 & \beta_1 & \beta_2 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathcal{F} = \begin{pmatrix} \mathcal{W} + \mu & 0 & 0 \\ -\mathcal{P}\mathcal{W} & \gamma + \mu & 0 \\ (\mathcal{P} - 1)\mathcal{W} & 0 & \gamma + \mu \end{pmatrix}$$

Entonces el número básico de reproducción $\mathbb{R}_0$lo obtenemos del radio espectral de $\mathcal{F}.\mathcal{V}^{-1}$, entonces:

$$\mathbb{R}_0 = \frac{\mathcal{P}\beta_1\mathcal{W}}{(\gamma+\mu)(\mu+\mathcal{W})} + \frac{(1-\mathcal{P})\beta_2\mathcal{W}}{(\gamma+\mu)(\mu+\mathcal{W})} \qquad (10)$$

De la ecuación (10) tenemos que decir que el primer numero que observamos en la formula significa al numero de infectados o enfermedades secundarios que cuando un individuo asintomatico produce en una población que puede llegar a captar personas asintomáticas que se ve reflejado en esta pequeña fracción : $\frac{\mathcal{P}\beta_1\mathcal{W}}{(\mu+\mathcal{W})}$.

La duración de la infección en una persona infectada es $\frac{1}{(\gamma+\mu)}$.

Además, la fracción $\frac{\mathcal{W}}{(\mu+\gamma)}$, Representa el número de individuos que sobrevivieron a la fase de exposición y progresaron a la fase asintomática o infecciosa.

Por otro lado, el segundo término representa el número de infecciones secundarias que genera un individuo infectado en una población susceptible al permanecer en esta etapa, a saber: $\frac{(1-\mathcal{P})\beta_2}{(\gamma+\mu)}$.

La otra fracción $\frac{\mathcal{W}}{(\mu+\mathcal{W})}$, Se refiere a aquellos que sobrevivieron a la fase de exposición y pasaron a un estado infectado o asintomático. Además, las personas infectadas siguen siendo infecciosas para las personas susceptibles:$\frac{1}{(\gamma+\mu)}$.

Punto de Equilibrio

Hallar los puntos de equilibrio de la Ecuación (8) tomamos:

$$\boldsymbol{\mathcal{S}'(t) = 0, \mathcal{E}'(t) = 0 = \mathcal{A}'(t) = \mathcal{I}'(t) = \mathcal{R}'(t)}$$

De esta forma, obtenemos el punto libre para el Covid-19:

$$\boldsymbol{\mathcal{E}_0} = \left(\frac{\wedge}{\boldsymbol{\mu}}, \mathbf{0}, \mathbf{0}, \mathbf{0}\right)$$

Donde:

$$\boldsymbol{\mathcal{E}_0} \in \boldsymbol{\Omega}$$

Si $\mathbb{R}_{\mathbf{0}} > 1$**.** Existe un $\boldsymbol{\mathcal{E}_0}$ y el punto de endemicidad $\boldsymbol{\mathcal{E}_1} = (\boldsymbol{\mathcal{S}}^*, \boldsymbol{\mathcal{E}}^*, \boldsymbol{\mathcal{A}}^*, \boldsymbol{\mathcal{I}}^*, \boldsymbol{\mathcal{R}}^*)$, con las siguientes coordenadas:

$$\boldsymbol{\mathcal{S}}^* = \frac{\boldsymbol{\mathcal{N}}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}}$$

$$\boldsymbol{\mathcal{E}}^* = \frac{\boldsymbol{\mathcal{N}\mathcal{W}}}{\boldsymbol{\mu + \mathcal{W}}}\left[\frac{\wedge}{\boldsymbol{\mathcal{N}\mu}} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}}\right]$$

$$\boldsymbol{\mathcal{A}}^* = \frac{\boldsymbol{\mathcal{N}\mathcal{P}\mu\mathcal{W}}}{\boldsymbol{(\gamma + \mu)(\mu + \mathcal{W})}}\left[\frac{\wedge}{\boldsymbol{\mathcal{N}\mu}} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}}\right]$$

$$\boldsymbol{\mathcal{I}}^* = \frac{\boldsymbol{\mathcal{N}(1 - \mathcal{P})\mu\mathcal{W}}}{\boldsymbol{(\gamma + \mu)(\mu + \mathcal{W})}}\left[\frac{\wedge}{\boldsymbol{\mathcal{N}\mu}} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}}\right]$$

$$\boldsymbol{\mathcal{R}}^* = \frac{\boldsymbol{\mathcal{N}\gamma\mathcal{W}}}{\boldsymbol{(\gamma + \mu)(\mu + \mathcal{W})}}\left[\frac{\wedge}{\boldsymbol{\mathcal{N}\mu}} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}}\right]$$

Veamos que $\boldsymbol{\mathcal{E}_\perp} \in \boldsymbol{\Omega}$, es decir, cada componente del vector $\boldsymbol{\mathcal{E}_\perp}$es positiva y está acotado por $\frac{\wedge}{\boldsymbol{\mu}}$. Es claro que, $\boldsymbol{\mathcal{S}}^* - \frac{\boldsymbol{\mathcal{N}}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}} > 0$. Para el análisis del Modelo, se puede observar que las coordenadas restantes son suficiente la positividad del termino:$\left[\frac{\wedge}{\boldsymbol{\mathcal{N}\mu}} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}}\right]$**,** como el factor restante de cada componente es positivo por estar compuesto de parámetros positivos.

En efecto, como por Hipótesis:

$$\mathbb{R}_{\mathbf{0}} > 1$$

Entonces

$$0 < \frac{\mathbf{1}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}} < 1,$$

Asumiendo

$$\boldsymbol{\mathcal{N}} = (\boldsymbol{\mathcal{S}}^{*} + \boldsymbol{\mathcal{E}}^{*} + \boldsymbol{\mathcal{A}}^{*} + \boldsymbol{\mathcal{I}}^{*} + \boldsymbol{\mathcal{R}}^{*})$$

Haciendo los respectivos cálculos obtenemos que

$$\boldsymbol{\mathcal{N}} = \frac{\wedge}{\boldsymbol{\mu}}$$

Al reemplazar en la ecuación (11) se tiene que

$$\left(\mathbf{1} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}}\right) > 0$$

Por lo tanto, $\boldsymbol{\varepsilon}_{\perp}$está en la región factible **Ω.**

<u>**Nota 4**</u>. Cuando $\mathbb{R}_{\mathbf{0}} < \mathbf{1}$se puede ver que $\frac{\mathbf{1}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}} > \mathbf{1}$ entonces

$$\left(\mathbf{1} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}}\right) < \mathbf{0}$$

Lo que nos indica que $\boldsymbol{\mathcal{E}}_{\perp} \notin \boldsymbol{\Omega}$**,** por lo tanto, desde la epidemiologia, solo es factible estudiar $\boldsymbol{\mathcal{E}}_{\mathbf{0}} \in \boldsymbol{\Omega}$. en el caso que $\mathbb{R}_{\mathbf{0}} = \mathbf{1}$, vemos que $\left[\mathbf{1} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbb{R}_{\mathbf{0}}}\right] = \mathbf{0}$, por lo tanto $\boldsymbol{\mathcal{E}}_{\perp} = \boldsymbol{\mathcal{E}}_{\mathbf{0}}$**.**

Estabilidad del Punto Libre de Virus $\mathcal{E}_0$

Proposición 2 Si R_0<1, el residuo libre del virus E_0 es localmente asintóticamente estable, de lo contrario E_0 es inestable.

demostración. Si tomamos la matriz de linealización jacobiana de la ecuación (8) en **equilibrio E_0, es:**$\mathcal{J}(\mathcal{E}_0) = \begin{pmatrix} -\mu & 0 & -\beta_1 & \beta_2 & 0 \\ 0 & -(\mu+\mathcal{W}) & \beta_1 & \beta_2 & 0 \\ 0 & \mathcal{P}\mathcal{W} & -(\gamma+\mu) & 0 & 0 \\ 0 & (1-\mathcal{P})\mathcal{W} & 0 & -(\gamma+\mu) & 0 \\ 0 & 0 & \gamma & \gamma & -\mu \end{pmatrix}$

Para determinar la estabilidad local del punto libre de Covid-19, una condición necesaria y suficiente es que todos los valores propios de J tengan partes reales negativas. De hecho, reduciendo la primera y la última columna de J(E_0), obtenemos γ_1-γ_2=- μ<0. Para el análisis de los auto-valores restantes tomamos la sub-matriz:

$$\mathcal{J}_1 = \begin{pmatrix} -(\mu+\mathcal{W}) & \beta_1 & \beta_2 \\ \mathcal{P}\mathcal{W} & -(\gamma+\mu) & 0 \\ (1-\mathcal{P})\mathcal{W} & 0 & -(\gamma+\mu) \end{pmatrix} \qquad \textbf{(11.1)}$$

Si la sub-matriz (11.1) le aplicamos el criterio de Routh-Hurwitz, para ello expandimos el determinante de la Ecuación Característica$[\mathcal{Y} - \lambda\, \mathcal{I}] = \mathbf{0}$, es decir:

$$\begin{bmatrix} -(\mu+\mathcal{W}+\lambda) & \beta_1 & \beta_2 \\ \mathcal{P}\mathcal{W} & -(\gamma+\mu+\lambda) & 0 \\ (1-\mathcal{P})\mathcal{W} & 0 & -(\gamma+\mu+\lambda) \end{bmatrix} = \mathbf{0}$$

Si ahora resolvemos el determinante y haciendo los cálculos, obtenemos el polinomio característico de grado 3:

$$\mathcal{P}(\lambda) = \lambda^3 + a_1\lambda^2 + a_2\lambda + a_3 = 0$$

Donde $\boldsymbol{a_1}, \boldsymbol{a_2}, \boldsymbol{a_3}$ los coeficientes del polinomio representan las siguientes expresiones en términos de los parámetros:

$$\boldsymbol{a_1} = \boldsymbol{2\gamma} + 3\mu + \mathcal{W}$$
$$\boldsymbol{a_2} = (\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\mu})[(\boldsymbol{\gamma} + 3\mu + 2\mathcal{W}) - (\boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\mathcal{W}})\mathbb{R}_{\boldsymbol{0}}]$$
$$\boldsymbol{a_3} = (\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\mu})(\boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\mathcal{W}})[\boldsymbol{1} - \mathbb{R}_{\boldsymbol{0}}]$$

Entonces, la primera condición necesaria pero no suficiente para que una raíz tenga una parte real negativa es que todos los coeficientes sean estrictamente positivos, es decir ai > 0. Si i = 1,2,3. La condición a3 > 0 será también equivalente a R_0<1. Entonces es claro que $\boldsymbol{a_i > 0}$ para el primer término.

Para el análisis del segundo coeficiente se tiene que:

$$\boldsymbol{\gamma} + 3\mu + 2\mathcal{W} > \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\mathcal{W}}$$

Y como por Hipótesis $0 < \mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} < \boldsymbol{1}$, entonces $\boldsymbol{a_2 > 0}$.

En el tercer término de coeficiente podemos conducir que $\boldsymbol{a_3 > 0}$ si solo si $\mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} < \boldsymbol{1}$, ya que:

$$\begin{aligned} \mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} &< \boldsymbol{1} \\ -\mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} &> \boldsymbol{-1} \qquad (*1) \\ 1 - \mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} &> 0 \end{aligned}$$

Entonces es claro de (*1) que $\boldsymbol{a_3 > 0}$.

La segunda condición para satisfacer el criterio de Routh-Hurwitz es que $\boldsymbol{a_1 a_2 > a_3}$. Entonces tenemos que:

$$\boldsymbol{a_1 a_2} > (\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\mu})(\boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\mathcal{W}}) \quad \boldsymbol{y} \quad \boldsymbol{a_3} < (\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\mu})(\boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\mathcal{W}})$$

En consecuencia, por transitividad: $\boldsymbol{a_1 a_2} > (\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\mu})(\boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\mathcal{W}}) > \boldsymbol{a_3}$, luego $\boldsymbol{a_1 a_2} > \boldsymbol{a_3}$, finalmente, el punto libre de Covid-19 es localmente asintomáticamente estable.

Entonces, vamos a subdividir el modelo para establecer los resultados de la estabilidad del equilibrio de la siguiente manera:

$$\left\{\begin{matrix} \boldsymbol{\mathcal{S}'^{(t)}} = \wedge - \boldsymbol{\beta_1} \frac{\mathcal{SA}}{\mathcal{N}} - \boldsymbol{\beta_2} \frac{\mathcal{SI}}{\mathcal{N}} - \boldsymbol{\mu\mathcal{S}} \\ \boldsymbol{\mathcal{E}'^{(t)}} = \boldsymbol{\beta_1} \frac{\mathcal{SA}}{\mathcal{N}} + \boldsymbol{\beta_2} \frac{\mathcal{SI}}{\mathcal{N}} - (\boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\mathcal{W}})\boldsymbol{\mathcal{E}} \\ \boldsymbol{\mathcal{A}'^{(t)}} = \boldsymbol{\mathcal{PW}}\mathcal{E} - (\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\mu})\boldsymbol{\mathcal{A}} \\ \boldsymbol{\mathcal{I}'^{(t)}} = (\mathbf{1} - \boldsymbol{\mathcal{P}})\boldsymbol{\mathcal{W}\mathcal{E}} - (\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\mu})\boldsymbol{\mathcal{I}} \end{matrix}\right\} \qquad (12)$$

Y,

$$\boldsymbol{\mathcal{R}'(t)} = \boldsymbol{\gamma}(\boldsymbol{\mathcal{A}} + \boldsymbol{\mathcal{I}}) - \boldsymbol{\mu\mathcal{R}} \qquad (13)$$

Ahora sea $\boldsymbol{\mathcal{C}_0} = \left(\boldsymbol{\mathcal{C}_0^{(1)}}, \boldsymbol{\mathcal{C}_0^{(2)}}\right)$, tal que $\left\{\begin{matrix} \boldsymbol{\mathcal{C}_0^{(1)}} = \left(\frac{\wedge}{\mu}, \mathbf{0}, \mathbf{0}, \mathbf{0}\right) \\ \mathcal{Y} \\ \boldsymbol{\mathcal{C}_0^{(2)}} = \mathbf{0} \end{matrix}\right\}$, y definimos el conjunto:

$$\boldsymbol{\mathcal{D}_1} = \left\{(\boldsymbol{\mathcal{S}}, \boldsymbol{\mathcal{E}}, \boldsymbol{\mathcal{A}}, \boldsymbol{\mathcal{I}}) \in \mathbb{R}^{\mathbf{4}} + / \boldsymbol{\mathcal{N}}_{(t)} \leq \frac{\wedge}{\boldsymbol{\mu}}\right\}$$

__Teorema 7__. Sea el sistema definido en el modelo (12). Si $\mathbb{R}_{\mathbf{0}} \leq \mathbf{1},$ entonces $\boldsymbol{\mathcal{C}^{(1)}}$es G.A.S. (Globalidad Asintóticamente Estable).

__Demostración__. Definimos $\boldsymbol{\mathcal{X}} = (\boldsymbol{\mathcal{E}}, \boldsymbol{\mathcal{A}}, \boldsymbol{\mathcal{I}})^{\boldsymbol{T}}$, a partir del modelo (8), tenemos que:

$$\frac{\boldsymbol{dx}}{\boldsymbol{dt}} \leq (\boldsymbol{F} - \boldsymbol{V})\boldsymbol{x}$$

Donde F y V son las Matrices obtenidas a partir de la Matriz Siguiente Generación. Para calcular el $\mathbb{R}_{\mathbf{0}}$, sabemos que: $\boldsymbol{\mathcal{P}}(\boldsymbol{FV^{-4}}) = \boldsymbol{\mathcal{P}}(\boldsymbol{V^{-1}F}) = \mathbb{R}_{\mathbf{0}},$ entonces está definido como en el modelo (10); ahora sea $\boldsymbol{\mathcal{W}} = (\mathbf{0}, \boldsymbol{\beta_1}, \boldsymbol{\beta_2})$, por calculo directo tenemos:

$$\mathcal{W}V^{-1}F = \mathbb{R}_{\mathbf{0}}\boldsymbol{\mathcal{W}} \qquad (14)$$

Del modelo (14) W, es un auto-vector izquierdo asociado al auto-valor$\mathbb{R}_{\mathbf{0}}$de la Matriz $\mathbf{V^{-1}F}$. si ahora consideramos la función de Liapunovdefinida por:

$$\boldsymbol{\mathcal{L}} = \boldsymbol{\mathcal{W}V^{-1}x} \quad (15)$$

Diferenciando L respecto de t del modelo (15), obtenemos:

$$\boldsymbol{\mathcal{L}} = \frac{\partial \boldsymbol{\mathcal{L}}}{\partial \boldsymbol{x}} \times \frac{\boldsymbol{dx}}{\boldsymbol{dt}} = \boldsymbol{\mathcal{W}V^{-1}} \frac{\boldsymbol{dx}}{\boldsymbol{dt}} \leq \boldsymbol{\mathcal{W}V^{-1}(F - V)x} = \boldsymbol{\mathcal{W}(V^{-1}F - V^{-1}V)x} = \boldsymbol{\mathcal{W}}(\mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} - \boldsymbol{1})\boldsymbol{x}$$

$$= (\mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} - \boldsymbol{1})\boldsymbol{\mathcal{W}x}$$

Esto nos muestra: $\boldsymbol{\mathcal{L}} \leq (\mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} - \boldsymbol{1})\left(\boldsymbol{\beta_1 \mathcal{A}} + \boldsymbol{\beta_2 \mathcal{J}}\right)$, y si $\mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} < \boldsymbol{1}$, entonces $\boldsymbol{\mathcal{L}} \leq \boldsymbol{0}$, por lo tanto se verifica que el máximo conjunto invariante cuando **L=0** es el $\left\{\boldsymbol{\mathcal{C}}^{(\boldsymbol{1})}\right\}$, y por el principio de invariancia de Krasovkii – La Salle (2001), $\boldsymbol{\mathcal{C}}^{(\boldsymbol{1})}$es G.A.S. en D, si $\mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} \leq \boldsymbol{1}$.

Evaluando $\boldsymbol{\mathcal{C}}^{(\boldsymbol{1})}$ en el modelo (13), obtenemos la ecuación:

$$\frac{\boldsymbol{dR}}{\boldsymbol{dt}} = -\boldsymbol{\mu R}$$

Si ahora se resuelve la ecuación diferencia ordinaria:

$$R_{(t)=}\mathbb{R}_{\boldsymbol{0}} e^{-\boldsymbol{\mu t}}$$

Y si suponemos que $\boldsymbol{t} \rightarrow \infty$**,** entonces:

$$R_{(t)} \rightarrow 0 \quad \vee\, t > 0 \;\; y\; \mathbb{R}_{\boldsymbol{0}}\; un\ valor\ inicial.$$

Por lo tanto, el punto de equilibrio $\boldsymbol{\mathcal{C}}^{(2)}$ es G.A.S

CONCLUSIONES

Uhna vez desarrollada la investigación se obtienen las siguientes conclusiones:

De acuerdo al primer objetivo específico, se ha desarrollado un modelo para estudiar el comportamiento de propagación de Covid-19, pero no hemos modelado escenarios posibles ni evaluado el impacto de una pandemia debido a las medidas de bioseguridad ya implementadas, como la cuarentena y el aislamiento.

El punto libre de Covid-19 en el modelo es localmente estable asintóticamente, es decir, se acerca asintóticamente al punto de equilibrio para cualquier trayectoria para cualquier estado inicial en la región factible (Ω) E_0 E_0^* es GAS cuando R_0≤1 y R_0^*≤1, lo que significa que independientemente de la magnitud de la perturbación, la trayectoria se acerca a los respectivos puntos de equilibrio diferentes.

El método de construcción de funciones de Lyapunov en el modelo se refiere a Zhisheng Shuai y P. Van den Driessche (S/F), porque la derivada de una función siempre permanece positiva si se evalúa exactamente en una de las constantes propuestas.

Igualmente tenemos que recordar como conclusión la importancia que tiene la utilización de diferentes técnicas matemáticas para poder solucionar problemáticas importantes en el mundo , y como futuros ingenieros la matemática su vuelve fundamental en nuestra carrera para tener una reacción rápida al momento de que se tenga que solucionar problemas por esta razón deberíamos poner absolutamente todas las técnicas en practica para hacernos en un futuro profesionales mucho mas íntegros y completos.

Por otro lado el uso de los teoremas en la matemática se hace un poco antiguo ya que hablamos de una matemática muchísimo mas avanzada gracias a diferentes asesorías hemos logrado dominarla y con esta crear una gran solución para poder enfrentar diferentes problemáticas.

Igualmente, para hablar de algunos objetivos que nombramos al principio en efecto si se logro crear un modelo matemático que cuenta con sus propias variables que fuimos desarrollando a lo largo del tiempo y que cuentan con un valor gigantezco ya que con estas mismas se puede combatir cualquier problemática de la salud posible y es un punto sumamente importante para poder erradicar de manera contundente cualquier enfermedad que surja en un futuro

Para continuar con la presente conclusión otro de nuestros objetivos hablamos de la utilización de diferentes teoremas los cuales se refieren a diferentes modelos matemáticos para resolver problemáticas utilizando formulas en este caso nos llamó sumamente la atención la de Liapunov ya que con esta nos permitia crear una secuencia de operaciones que pueda a llegar a competir con otras alternativas para la resolución de problema, nos gustó trabajar por medio de la matemática ya que en la carrera que se esta poniendo en practica a lo largo de los anos de estudio el uso de la matemática por esta razón debemos tomar en cuenta de manera permanente el uso de los principios matemáticas para resolver problemas diarios.

Por otro lado, algo también sumamente importante son las matrices que elegimos para nuestra investigación esta fue sumamente interesante para poder trabajar ya que se complemento sumamente de forma genial con las variables e formulas para hacer realidad el teorema a trabajar entonces podemos decir, que tanto el teorema las variables e formulas resultaron sumamente efectivas para la investigación originando un trabajo limpio y con resultados de buena calidad

Para concluir, podemos resaltar que logramos identificar en el trabajo de investigación la gran cantidad de variables que formaron parte de nuestro modelo matemático relacionado con las enfermedades infecciosas, entre ellas podemos encontrar el rango de infección que representara el área donde llevamos a cabo el estudio, el análisis de los individuos si son asintomáticos, o conllevan la enfermedad, o son posibles transmisores como también la variabilidad de cada uno de estos aspectos, por esa razón, podemos decir que logramos cumplir con la búsqueda y la identificación de cada una de las variables que hicieron posible lograr el estudio plantado y poder analizar los resultados obtenidos.

RECOMENDACIONES

Ya para finalizar la redacción de este trabajo especial de grado se dejan expuestas una serie de recomendaciones que se presentan a continuación:

-Dar a conocer este modelo matemático de análisis, toma de decisiones y predicción de sucesos futuros a la Universidad Valle del Momboy y a los diferentes entes involucrados en el tratamiento de enfermedades infecciosas.

- Conformar un sistema de monitoreo y evaluación para el buen funcionamiento del modelo propuesto.

-Actualizar permanentemente la data que alimentará el modelo matemático

-Verificar permanentemente la estabilidad del modelo a través de la aplicación del modelo de Liapunov.

-Desarrollar otros modelos para la predicción y comportamiento de otras enfermedades a través de diversas herramientas matemáticas de análisis.

-Inculcar con firmeza en nuestros estudiantes de Ingeniería de nuestra noble universidad el uso de herramientas, modelos y teorías matemáticas para el análisis, toma de decisiones y predicción y comportamiento de sucesos futuros en su vida laboral y profesional.

- Resaltar permanentemente a nuestros estudiantes en las diferentes asignaturas de Calculo, algebra lineal, geometría analítica, metodología numérica, matemática combinatoria el uso de la matemática para el estudio análisis, comportamiento, desarrollo y posibles soluciones a una determinada problemática planteada.

Poder colaborar un poco sobre todas aquellas problemáticas pandémicas que han azotado la tierra hace muchísimos anos y encontrar una alternativa donde se pueda manipular mucho mas fácil las habilidades matemáticas adqueridas en la universidad

REFLEXIÓN FINAL

Los modelos matemáticos se perciben como un medio para visualizar y monitorear el comportamiento a partir de números o datos, ya que son capaces de revelar posibles trayectorias, tendencias y escenarios para el desarrollo del comportamiento en diferentes situaciones. En este pensamiento, han surgido sucesivamente herramientas matemáticas para el análisis, la toma de decisiones y la predicción de eventos futuros, como las ecuaciones diferenciales, que pueden ayudar a médicos y científicos a comprender su comportamiento.

Este es el caso de la teoría de la estabilidad de Lyapunov, mediante la cual se puede saber si una enfermedad se ha estabilizado o no. Debido a la gran cantidad de errores que se pueden encontrar en los diversos informes que día a día entregan los gobiernos nacionales, es necesario utilizar estas herramientas para comprender las manifestaciones de las enfermedades. El análisis se realiza mediante ecuaciones diferenciales y valores iniciales según la estabilidad de Lyapunov.

Igualmente poder contribuir que de esta manera si se puede utilizar la matemática vista en nuestras universidades como ingenieros para poder resolver problemas que se presentan dia a dia y por ende es necesario poder incentivar a todos los jóvenes que no vean la materia de manera pasajera sino como una verdadera herramienta para poder avanzar como profesionales, personas y futuros empresarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bonilla L (2017).Perfil epidemiológico de las enfermedades infecciosas en Venezuela.RevistaSCielo. Vol (58)Nº 2,1-10

COVID-19 EN VENEZUELA (2020).*: LA CRISIS HUMANITARIA, LA ECONOMÍA, LA SOLIDARIDAD VECINAL*. Fuente:https://iqlatino.org/2020/covid-19-en-venezuela-la-crisis-humanitaria-la-economia-la-solidaridad-vecinal/?gclid=CjwKCAjw49qKBhAoEiwAHQVTowbbM8jOISmaEG9xlCxsDw0z3HLNadiYI-i0NkH0Iyx__zYt1c-5rhoCKeAQAvD_BwE

El Nacional. (2021).Fuente:https://www.elnacional.com/venezuela/hay-un-crecimiento-exponencial-de-covid-19-en-venezuela-457-profesionales-de-la-salud-se-contagiaron-en-lo-que-va-de-septiembre/

Espinoza E y Tolbar D (2017).Revisión Sistemática De Modelos Matemáticos Aplicados A Enfermedades Infecciosas.Tesis de grado .Universidad de Guayaquil. Ecuador

Hurtado, J. (2008). Guía para la comprensión Holística de la ciencia, Unidad III, Capitulo 3, PP. 45 a 65 [Recuperado de http://virtual.urbe.edu/tesispub/0092769/cap03.pdf]

Korshunov, Y (2000) Fundamentos Matemáticos de la Cibernética.Editorial URRS.Moscu

Lorandi, A (2020). *Numerical Simulation and Mathematical Modeling of the spread of Covid 19 in the state of Veracruz.*RevMex Med Forense, 2020, 5(3): 21-37

Leithold, L (2006) El Cálculo con geometría analítica. Editorial Harla.Mexico

Rodríguez, D (2021)Transmisibilidad del corona virus (Covid-19): Método de los mínimos cuadrados para el cálculo de su crecimiento poblacional. Tesis de grado .Universidad Valle del Momboy.Venezuela

Rozhdenstvenski ,B y Kartashov,A (1980) Ecuaciones diferenciales Ordinarias y fundamentos del cálculo variacional.Editorial Reverte .Barcelona.

Salguero,L y Azuaje A (2020).Modelo teórico numérico para epidemias con parámetros estocásticos. Tesina de grado del programa de ingeniería biomédica. Universidad Nacional Experimental, Fransisco de Miranda. Venezuela

Silva, R. (2006). *Introduccion a las tecnicas cualitativas de investigacion aplicadas en salud.* Bellatera España: UAB.

Spivak; M (1978) Cálculo Infinitesimal. Editorial MIR.Moscu

Sullivan, J (2008) Análisis Matemático Editorial Trillas .Venezuela

Torres, A. (1988). *Manual de investigacion documental.* Mexico: Plaza y Valdez.com.

Urbano C y Yuni J (2006).Técnicas para investigar: Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación. Editorial Brujas .España