

Desarrollo matemático y validación del modelo de deserción voluntaria universitaria en pregrados de ingeniería

Mathematical development and validation of the model of voluntary university dropouts in engineering undergraduate degrees

Sanchez-Arevalo, Mónica Lizeth¹. Gutiérrez-Herrera Juan David ².

Citar este documento:

Sanchez-Arevalo, Mónica Lizeth. Gutiérrez-Herrera, Juan David. Desarrollo matemático y validación del modelo de deserción voluntaria universitaria en pregrados de ingeniería (2021). Revista Technol.Investig.Academia TIA, ISSN: 2344- 8288, 8 (2), pp. 40-60. Bogotá-Colombia.

¹ Ingeniera Industrial, Magister en ingeniería industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, <https://orcid.org/0000-0001-6866-4514>, molsancheza@correo.udistrital.edu.co, Bogotá-Colombia.

² Ingeniero Electricista, Universidad Nacional de Colombia, <https://orcid.org/0000-0001-9119-2965> Improelec SAS, judgetierrezhe@unal.edu.co, Bogotá-Colombia

Resumen

El presente texto de investigación enseña un modelo de aproximación a las variables generadoras de la deserción voluntaria estudiantil en programas de pregrado pertenecientes al área del conocimiento de Ingeniería. Para este fin se fundamenta y contextualiza las condiciones teóricas del problema, mediante la caracterización y análisis, logrando obtener variables de mayor relevancia para describir las causas de la deserción, permitiendo brindar herramientas para el diseño de estrategias y políticas institucionales [1], correlacionar a través de un modelo de simulación que permite proponer escenarios en función del cambio hipotético del comportamiento de las variables. Los resultados obtenidos mediante *data analytics*, los cuales surgieron de herramientas estadísticas, mediante la transformación en lenguaje informático y generación de un modelo de simulación e integración de datos recopilados, permitiendo la validación y análisis de los posibles escenarios. Al finalizar se presentarán los resultados y análisis para tener en cuenta al momento de creación de políticas y estrategias institucionales para disminuir la deserción en proyectos curriculares de pregrado.

Palabras Clave: Deserción universitaria, deserción voluntaria, simulación, modelamiento de comportamiento social, causalidad de deserción.

Abstract

This research text presents an approximation model to the variables that generate voluntary student desertion in undergraduate programs belonging to the area of engineering knowledge. For this purpose, the theoretical conditions of the problem are based and contextualized, through characterization and analysis, obtaining variables of greater relevance to describe the causes of desertion, allowing to provide tools for the design of institutional strategies and policies [1], correlate to Through a simulation model that allows proposing scenarios based on the hypothetical change in the behavior of the variables. The results obtained through data analytics, which arose from statistical tools, through the transformation into computer language and generation of a simulation model and integration of the collected data, allowing the validation and analysis of the possible scenarios. At the end, the results and analysis will be presented to take into account when creating policies and institutional strategies to reduce desertion in undergraduate curricular projects.

Key Words: University dropout, voluntary dropout, simulation, modeling of social behavior, causality of dropout.

I. Introducción

La formación universitaria es una experiencia y oportunidad para muchos jóvenes que desean disfrutar de una vida digna en su futuro; además de ser el espacio para la obtención y transferencia de conocimiento, el crecimiento personal, es considerado un sitio de encuentro de culturas, formas de pensamiento, relaciones personales, adquisición de habilidades, descubrimiento de competencias, y desarrollo de capacidades individuales y colectivas. La deserción estudiantil, es una problemática preocupante en las Instituciones de Educación Superior, representando un alto costo y evidenciando inestabilidad de los ingresos transferidos, además del costo social, en el cual incurren las familias, la universidad y el Estado [2]. El resultado este artículo, se enfoca en la deserción académica voluntaria, manifestada en eventos tales como: el cambio de Proyecto Curricular al interior de la misma Institución Universitaria, cambio de universidad o retiro del sistema de educación, por ello los desertores son quienes, por factores personales o circunstanciales, están obligados a abandonar la institución antes de finalizar obtener su grado académico [3].

Los temas sociales son denominados retos vistos desde el desarrollo económico y político de una nación, la educación es uno de ellos. Existe complejidad en brindar igualdad al acceso a la educación y no solo en aspectos de cantidad, sino calidad. “Existe una relación inversa entre pobreza y nivel académico, entre menor grado de escolaridad las personas tienen más probabilidad de que accedan a empleos precarios y vivan en pobreza” [4]. La deserción es el proceso de abandono del proyecto curricular, por parte del estudiante por influencia positiva o negativa de aspectos internos o externos del estudiante [5], se presenta una clasificación según el mecanismo de realización, la primera es cuando el estudiante toma la decisión y es conocida como *deserción voluntaria*; y la segunda cuando es la Institución de Educación quien obstaculiza al estudiante el culminar la carrera, definiéndose como *deserción forzada*. El presente se adelanta bajo el tema de deserción voluntaria a través de una investigación *expost-facto* de tipo correlacional y de comparativo-causales [6].

La investigación se desarrolla a la luz de experiencias investigativas previas, tanto las encontradas de manera teórica, como el avance práctico desarrollado a través del grupo de investigación LÍDER de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y evidenciada en la monografía de Ingeniería Industrial [1] y fortalecidas en esta investigación. Para efectos de verificación, se trata la base de datos de la Oficina Asesora de Sistemas - OAS-, solicitudes de retiro voluntario radicadas a Consejo de Facultad, e información proveniente de un instrumento de apreciación aplicado a estudiantes desertores los cuales ingresaron a proyectos curriculares de la oferta académica de pregrado, en la cohorte 2009-II hasta la 2017-II en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital FJC, en donde se incluyen preguntas de índole académico, familiar, social y personal, permitiendo realizar un análisis tendiente a la aplicación de técnicas de simulación.

II. CONCEPTUALIZACIÓN

La deserción académica es el fenómeno que abarca a aquellos que no continuaron la trayectoria académica normalmente, ya sea por la cancelación de la matrícula o no realizar la renovación [1]. Tinto en 1989, sustentó que los estudios de deserción en educación superior son altamente complejos, por presentar diferentes perspectivas y una variedad de clases de deserción.

a. Clases de deserción en función del mecanismo de realización.

La deserción según el mecanismo de realización puede ser clasificado en dos, la primera cuando el estudiante toma la decisión y es considerada como voluntaria; y la segunda cuando la Institución de Educación obstaculiza al estudiante para lograr la meta de grado definiéndose como deserción forzosa [6].

b. Tipos de deserción en función del tiempo

Se definen tres clases de deserción en función del tiempo en el que se presente la decisión [7]. La *deserción precoz*, se presenta cuando el individuo siendo admitido por la Institución de Educación Superior no formaliza su matrícula. La *deserción temprana*, es cuando el estudiante toma la decisión de abandono en los semestres iniciales del proyecto curricular. La *deserción tardía*, es cuando el estudiante se retira de sus estudios en los semestres últimos, es decir, posterior a cursar más del 50% del plan de estudios del proyecto curricular [8].

c. Clasificación de desertores en el sistema educativo

En función del sistema educativo, se clasifica a los desertores en tres tipos, en donde se encuentra la deserción interna o del programa académico, en donde el estudiante decide cambiarse de proyecto curricular en la misma institución universitaria, otro tipo es el estudiante que deserta de la universidad, buscando la misma u otra carrera en una nueva Institución de Educación Superior, y por ultimo está el desertor del sistema educativo, el cual abandona los estudios con el fin de dedicarse a otras prioridades [7].

III. METODOLOGÍA DE DINÁMICA DE SISTEMAS

Permite realizar investigaciones en sistemas de realimentación complejos mediante el uso de herramientas computacionales de simulación, permitiendo estudiar el comportamiento, consecuencias e interacciones de los elementos del sistema en función del tiempo. Por lo cual, esta metodología es acorde para ser utilizada en estudios de fenómenos sociales, por la cantidad de elementos e interrelaciones de no linealidades y dificulta una

analítica solución [9]. Esta metodología permite el manejo y análisis del comportamiento de cualquier clase de sistema, y observar el desarrollo a lo largo del tiempo, desarrollada por el ingeniero Jay Wright Forrester en los años cincuenta en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) [10]. Los modelos de simulación dinámica permiten estudiar las políticas, decisiones y estructura influyen en la estabilidad de un sistema, siendo aplicada en planificación, diseño y gestión de políticas, toma de decisiones, estudio de modelos biológicos y médicos, desarrollo de la teoría en ciencias naturales y sociales [9].

En conclusión y por el contexto de la problemática de investigación, la **dinámica de sistemas** es el método apropiado, para lograr relacionar el conocimiento y situación real y los cambios a través del tiempo, lo cual permite, manejar sistemas que complejos para analizar matemáticamente [11]. Para la aplicación de dicha metodología para estudio de sistemas considera las siguientes etapas [10].

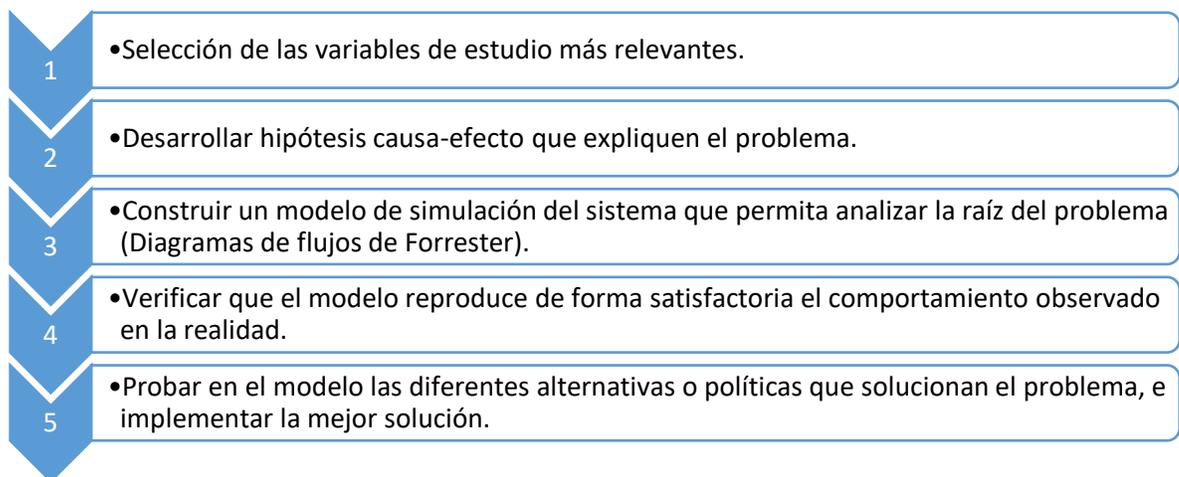


Ilustración 1. Etapas metodología de Dinámica de sistemas.

IV. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se basa en lineamientos de un estudio *ex post- facto* de tipo *correlacional*, por presentar una problemática en donde primero se evidencia el hecho, y luego se analizan las causas y consecuencias posibles; mediante la aproximación a las relaciones de tipo causa-efecto, apoyado en técnicas de análisis cuantitativas y estadística para lograr identificar la dinámica de la deserción conociendo el comportamiento de sus variables, y respondiendo al estado actual y la descripción de la deserción universitaria con el fin de conocer sistemáticamente la realidad [6].

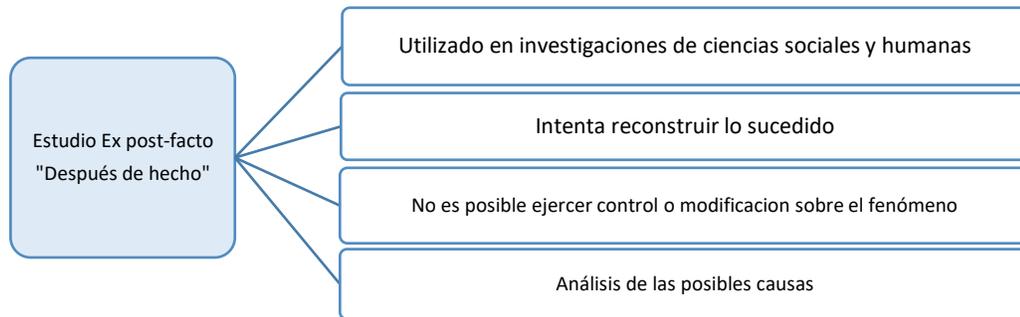


Ilustración 2. Características generales de los estudios ex post facto.

V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación se utiliza la metodología de dinámica de sistemas, y en esta propuesta puntual se apoya en “Analítica” en cuanto a *data analytics*, algoritmos estadísticos, consultas analíticas, la cual se representa de manera global en la ilustración 3.

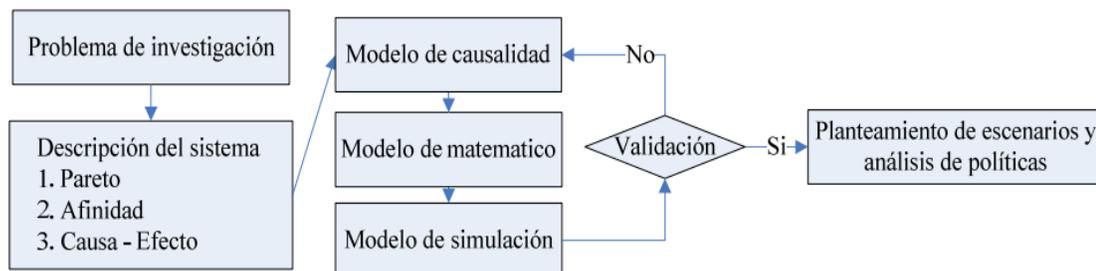


Ilustración 3. Metodología de Dinámica de Sistemas. Fuente: [12].

Esta metodología, se fundamenta en la gestión del conocimiento, expresada como un proceso complejo el cual transforma los datos en información, aplicado para inferir y predecir comportamientos [13]. Esta metodología, busca “*comprender la complejidad de dinámica de los sistemas*” a través del modelamiento, exponiendo la estructura de los fenómenos sociales que representa, integrando sus elementos, realimentando y definiendo limitaciones teóricas [14].

Tabla 1. Fases del modelo de dinámica de sistemas. **Fuente:** Adaptación autora [15].

Fase de construcción	Descripción de la fase
Conceptualización	Consiste en la adopción de una perspectiva y en el esbozo de una comprensión de un cierto fenómeno del mundo real.
Modelación	Trata de la representación de los elementos intuitivos elaborados en la fase de conceptualización por medio de un lenguaje formal.
Evaluación del modelo	Consiste en un análisis del modelo y un sometimiento a varios criterios de aceptabilidad.

a. Conceptualización

Se realiza la descripción y conocimiento del sistema, mediante la consulta bibliográfica, siendo la primera fuente de información, abarcando el mayor número de expertos nacionales e internacionales destacados que han investigado sobre deserción académica. Lo anterior, define aspectos de clasificación, para hallar causas comunes definidas por diferentes autores que tratan el tema de investigación y lograr determinar las variables que intervienen en el sistema [16]. Para la investigación desarrollada se aplicó *Análisis de Pareto de causalidad*, *diagrama de afinidad de Pareto* y *diagrama de Ishikawa*.

b. Modelamiento

Para “*la transformación de la información en conocimiento*”, se inicia con el análisis de causalidad basado en las conclusiones del apartado anterior, con el fin de identificar el sentido de la relación y lograr identificar *si presenta una acción compensadora (causa sobre efecto)*, o acción reforzadora [17]. El diagrama representa las acciones de las variables que son afectadas por ellas y entrelazadas por flechas, indicando la influencia entre ellas, para esta fase se enlista lo siguiente:

- Identificación de variables
- Realización de diagramas causales
- Construcción de Diagrama de Forester
- Recolección de información para el modelo

c. Evaluación - experimentación

En esta etapa la validación, se presentan diferentes escenarios del modelo para observar la causalidad y las interacciones de las variables, permitiendo proponer mejoras en el sistema de deserción y lograr atacar las causas más representativas de la problemática [16], para lo cual se presenta lo siguiente:

- Identificación de escenarios futuros en la simulación del sistema.
- Ingreso de información hallada en el modelo propuesto.
- Realización de diferentes corridas, pruebas de verificación y validación.
- Comparación entre los escenarios evaluados.
- Propuestas de mejora y conclusiones del sistema.

Aplicación de analítica: Permite proponer el modelo matemático con el objetivo de “*analizar los impactos de las causas sobre una adecuada gestión del área funcional*” y debe representar las relaciones causales [16]. Para esta fase de manera previa se identifican las fuentes de información, captura de datos y se utiliza Data Analytics en procesos de regresiones, análisis matemáticos y estadísticos y simulación continua para crear el modelo matemático.

Población participante: El proyecto concibió la participación de personas que decidieron desertar de la oferta de pregrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ubicada en la Ciudad de Bogotá-Colombia, dichas personas ingresaron en el lapso del 2009-II a 2017-II, matriculadas en alguno de los cinco (5) proyectos curriculares de pregrado, los cuales son, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Industrial e Ingeniería Catastral y Geodesia. Se utilizaron tres métodos de recolección de información que se relacionan a continuación.

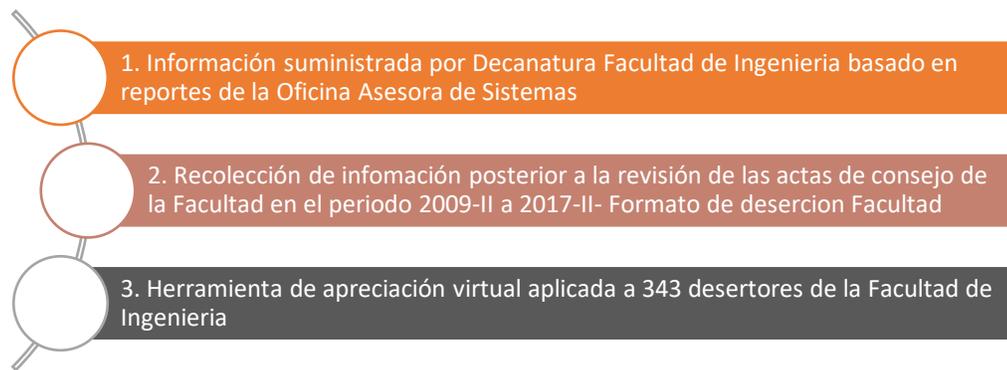


Ilustración 4. Recolección de información de la Facultad de Ingeniería.

VI. MODELO MATEMÁTICO Y SIMULACIÓN

En este ítem, se expone cada uno de los subsistemas de deserción planteados para el modelo simulado, en donde se desarrollan aspectos que los caracterizan, la formulación matemática y correlaciones.

a. Análisis exploratorio de datos

Según la base de datos tratada se presenta información por cohorte, para lo cual se evalúa la presencia de estacionalidad al igual se busca encontrar correlaciones y la función que describa dicho comportamiento. En este ítem se presenta el análisis de cada una de las variables realizando pruebas intravariabes con el fin de determinar a) La homogeneidad de los datos y b) aleatoriedad. Para estas pruebas se utiliza el módulo STATFIT incluido en el Software ProModel, ya que permite el Ajuste de Curvas y Análisis Estadístico de los datos de entrada y salida del modelo de simulación [18] y el software IBM SPSS Statistics.

Pruebas de Homogeneidad, la prueba de **análisis de varianza ANOVA**, toma como base la descomposición de la variación total de los datos con respecto a la **MEDIA GLOBAL**, permitiendo determinar si existen diferencias significativas entre las muestras o si por el contrario se puede suponer que las medias no difieren en función de la cohorte; con el fin de llevar a cabo dicho proceso, se plantean dos hipótesis con un nivel de significancia de 0,05:

Hipótesis nula H_0 : Todas las medias son iguales

Hipótesis alternativa H_a : Por lo menos una de las medias difiere

La prueba realiza un análisis de la variación intragrupos en la que se mide la dispersión de los valores de cada muestra con respecto a su media y una de variación inter grupos en la que se mide la dispersión de las medias de las muestras con respecto a la media global, en donde se tiene la siguiente toma de decisión:

Si $P < 0,05$ se rechaza la Hipótesis nula H_0 .

Entre cada una de las cohortes se realiza el mismo análisis a través de la **Prueba de Tukey**, dichas pruebas se realizaron en el software IBM SPSS Statistics. Adicional se aplicaron pruebas de **Scatter Plot**, y **Coefficiente de Variación** en cada una de las variables, con el fin de determinar cuáles se distribuyen de manera homogénea. **Scatter Plot**, esta prueba se realizó en las variables encontradas utilizando el software Promodel en el módulo de STATFIT para determinar la homogeneidad de los valores de observación mediante un diagrama de dispersión que utiliza las coordenadas cartesianas para mostrar los valores de las variables; y complementado con los **valores descriptivos** de la misma, en donde encontramos el Coeficiente de Variación (C.V.). Todo lo anterior con el fin de determinar de la manera más precisa si la variable estudiada es homogénea. La conclusión sobre las pruebas de homogeneidad sustentada en cada una de las 41 variables se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados pruebas de homogeneidad. **Fuente:** Elaboración propia.

N	Variable	Homogeneidad	No homogeneidad
1	Edad al ingreso	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 2,39%	-
2	Género	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey) a) 29% b) C.V. 6,1%	-
3	Situación de violencia	-	Rechaza Ho (ANOVA -Tukey) C.V. 291%
4	Estructura familiar (monoparental y unipersonal)	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 19%	-
5	Complicaciones de salud	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 84,4%
6	Estado civil (En relación)	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 173%

N	Variable	Homogeneidad	No homogeneidad
7	Problemas de adaptación a la vida universitaria	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 65%
8	Desmotivación	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 40%
9	Embarazo	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 412%
10	Tipo de personalidad	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey) d) C.V. 29%	a) C.V. 96%, b) C.V. 38%, c) C.V. 208%
11	Calamidad familiar	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 142%
12	Lugar de procedencia diferente a Bogotá	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 50%
13	Migración	-	Rechaza Ho (ANOVA) C.V. 118%
14	Metodología y preparación docentes	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 27%	-
15	Relación docente	Aprueba Ho Tukey	Rechaza Ho (ANOVA) C.V. 102%
16	Políticas institucionales	-	Rechaza Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 39%
17	Infraestructura y recursos universitarios	C.V. 21% Aprueba Ho Tukey	Rechaza Ho (ANOVA)
18	Burocracia administrativa	-	Rechaza Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 32%
19	Anormalidad académica	-	Rechaza Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 119%
20	Inserción y experiencia laboral	-	Rechaza Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 51%
21	Ingresos económicos	Aprueba Ho Tukey	Rechaza Ho (ANOVA) C.V. 48%
22	Nivel socioeconómico	Aprueba Ho Tukey	Rechaza Ho (ANOVA) C.V. 31, 9%
23	Nivel educativo de los padres	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 7,96%	-
24	Apoyo familiar y social	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 76,84%
25	Responsabilidad familiar	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 86%
26	Rendimiento académico	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 9,1%	-
27	Elección vocacional y profesional	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 51%
28	Hábitos de estudio	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 87%
29	Tipo de colegio	Aprueba Ho (ANOVA) a) C.V. 22%, b) C.V. 28% c) C.V. 13%	Rechaza Ho (Tukey)
30	Estudios previos	C.V. 23%	Rechaza Ho (ANOVA-Tukey)
31	Grado satisfacción programa	Aprueba Ho ANOVA	Rechaza Ho Tukey C.V. 77%
32	Grado satisfacción universidad	Aprueba Ho ANOVA	Rechaza Ho Tukey C.V. 39%
33	Programa académico	Rechaza Ho -Tukey c) C.V. 27%, d) C.V. 25% e) C.V. 29%	Rechaza Ho ANOVA a) C.V. 31%, b) C.V. 30,7%
34	Dificultad asignaturas	a) C.V. 19%- Rechaza Ho -Tukey c) Rechaza Ho -Tukey	b) C.V. 49% - Rechaza Ho (ANOVA-Tukey) c) C.V. 50%, d) C.V. 77%, e) C.V. 76%, f) C.V. 61%
35	Plan de estudios	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 37%

N	Variable	Homogeneidad	No homogeneidad
36	Tipo de admisión- Admisión regular	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 17%	-
37	Método de evaluación	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 46%
38	Incomodidad horarios	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 10%	-
39	Cambio de universidad	-	Rechaza Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 86%
40	Tiempo de permanencia	-	Rechaza Ho (ANOVA-Tukey) C.V. 43%
41	Insatisfacción docente	Aprueba Ho (ANOVA-Tukey)	C.V. 55%

Aleatoriedad

Para comprobar la aleatoriedad de cada una de las variables homogéneas o con presunta homogeneidad, se procedió con una prueba de rachas evaluada alrededor de la media y la mediana en el aplicativo StatFit de Promodel de la cual se obtuvieron los siguientes resultados con un nivel de significancia de 0,05:

Tabla 3. Resultados de las pruebas de rachas para las variables estudiadas. Fuente: Elaboración propia.

N	Variables	Aprobar hipótesis de aleatoriedad	Rechazar hipótesis de aleatoriedad
1	Edad al ingreso	X	
2	Género	X	
4	Estructura familiar (monoparental y unipersonal)	X	
5	Complicaciones de salud	X	
7	Problemas de adaptación a la vida universitaria	X	
8	Desmotivación	X	
10	Tipo de personalidad		X
12	Lugar de procedencia diferente a Bogotá	X	
14	Metodología y preparación docentes		X
17	Infraestructura y recursos universitarios		X
23	Nivel educativo de los padres	X	
24	Apoyo familiar y social	X	
25	Responsabilidad familiar	X	
26	Rendimiento académico	X	
27	Elección vocacional y profesional	X	
28	Hábitos de estudio	X	
29	Tipo de colegio	X	
30	Estudios previos	X	
33	Programa académico	X	
34	Dificultad asignaturas	X	
36	Tipo de admisión	X	
37	Método de evaluación	X	
38	Incomodidad horarios	X	
41	Insatisfacción docente	X	

b. Comportamiento y correlaciones de cada variable

El problema de la deserción es considerado poli causal [19] por lo cual se hace necesario revisar una a una las variables, por lo cual se realizó un análisis cuantitativo de su comportamiento, indicando independencia, porcentaje de ocurrencia o ecuación de correlación según la particularidad, además se sustenta las correlaciones y la eliminación de variables desde el ámbito matemático.

De acuerdo con la caracterización del diagrama causal, se generó el modelo de simulación mediante software iThink, realizando una aproximación al comportamiento de las variables identificadas y definitivas, con el fin de establecer el impacto en la toma de decisión de la deserción voluntaria universitaria en programas de pregrado, dicho modelo fue validado por cinco investigadores en el ámbito de temas de educación, buscando integrar experiencias reales y aportes de la literatura. Lo anterior permite generar la siguiente ilustración de correlación:

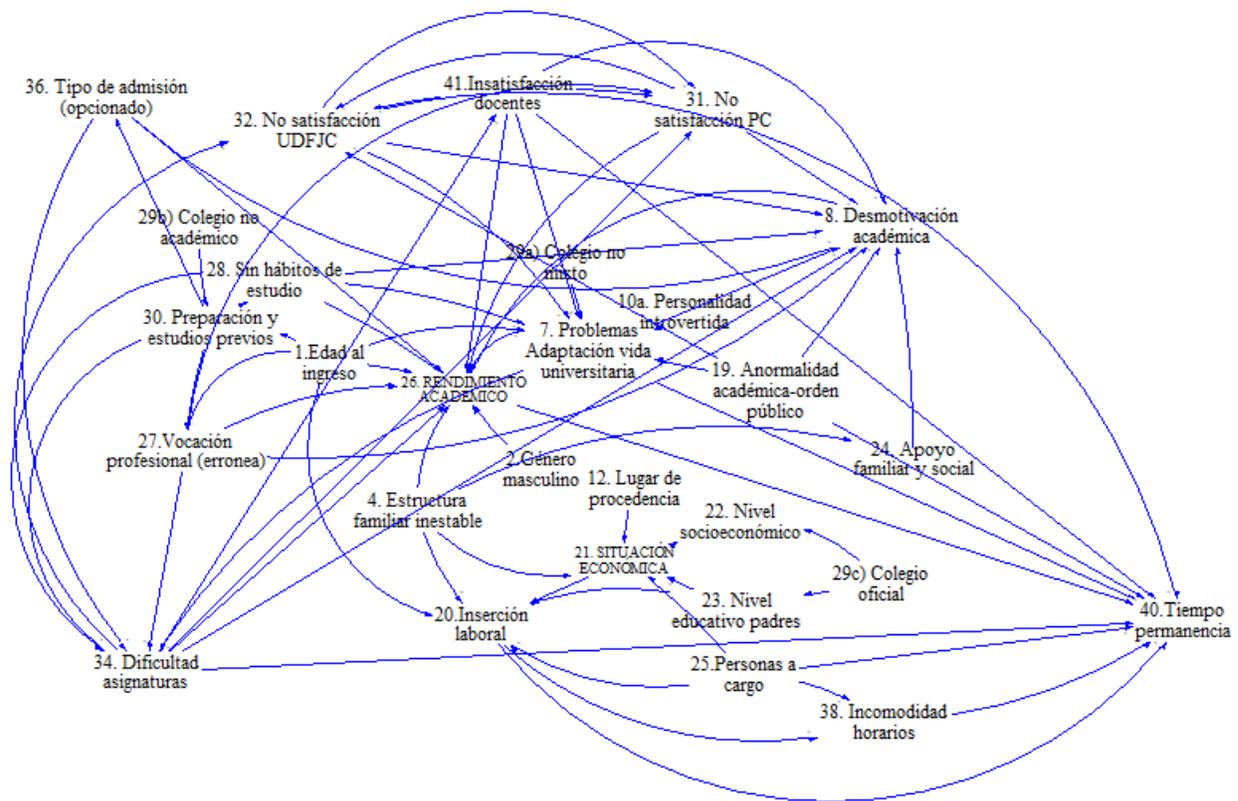


Ilustración 5. Diagrama causalidad propuesto.

Para determinar las funciones de relación de las variables, se utiliza el análisis de regresión múltiple encontrando los coeficientes correspondientes a cada variable, para relaciones entre variables se utilizó la función que mejor representaba.

C. Validación

Basado en el modelo de la ilustración 5, se realizó la comparación de cada subsistema en cuanto al valor simulado al real, utilizando de manera iterativa en búsqueda de la mejor representación de la realidad mediante el método de simulación *ex – post*, a través de la predicción de pasado de las diecisiete (17) cohortes evaluadas. Las relaciones presentadas según los parámetros cada subsistema, permiten observar una similitud de los datos analizados gráficamente y mediante el cálculo del error relativo medio y porcentual (ERM), el cual se halla mediante el promedio total de los errores relativos (ER) o desviaciones relativas (DR) para cada observación (cohorte), dichas comparaciones se realizan mediante la ecuación (1) y (2) [20]:

$$ER_i = \frac{\|Estimado_i - Real_i\|}{Real_i} \quad (1) \qquad ERM = \frac{\sum_{i=1}^n ER_i}{n} \quad (2)$$

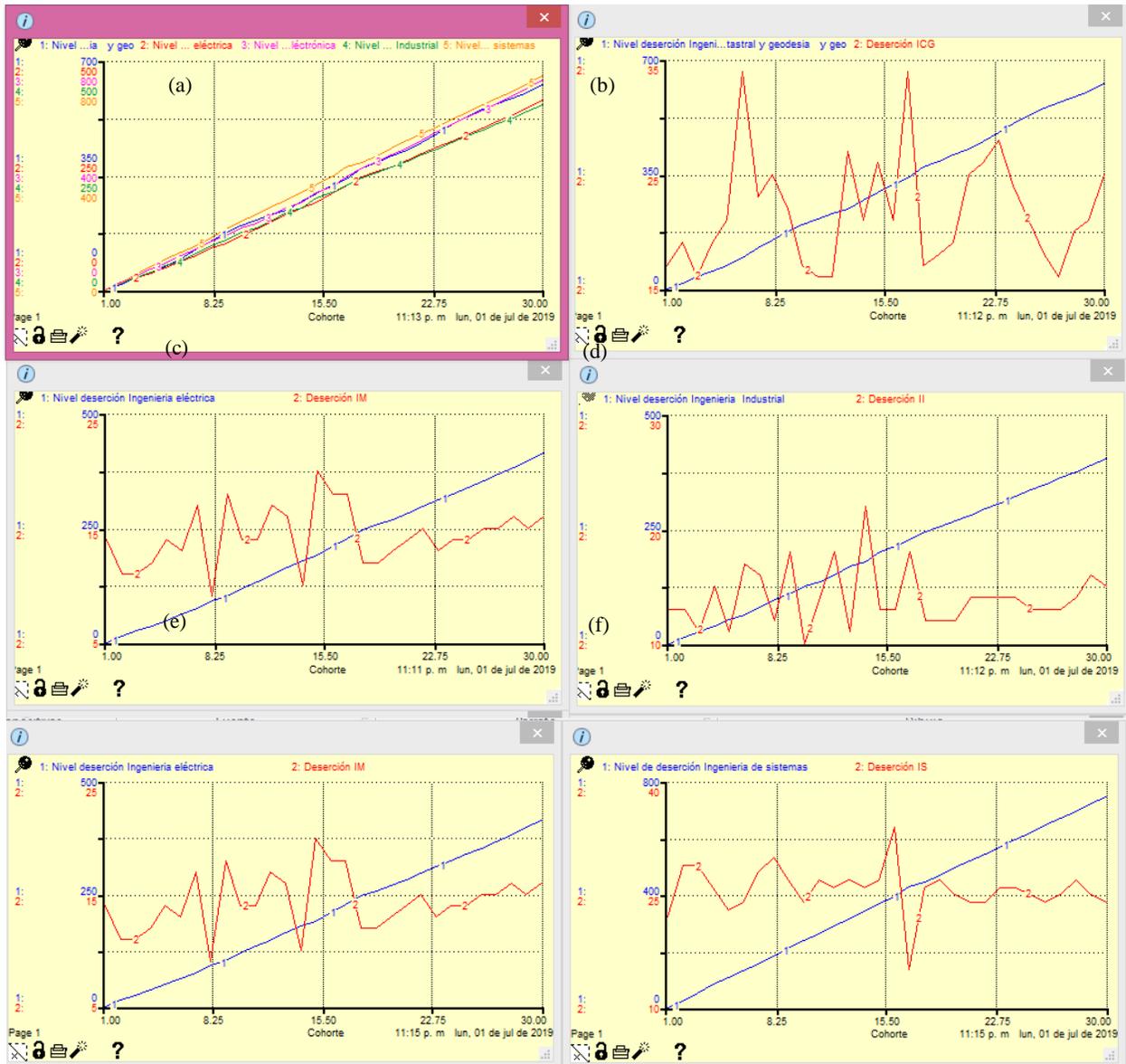
Realizando adicional una comparación gráfica y cualitativamente para cada variable en donde apoyo en los valores obtenidos en el ERM y la desviación relativa media (DRM). El periodo de simulación esta comprendía entre los años 2009 a 2017, con una unidad de medición semestral. Para las variables de percepción el nivel de ERM puede llegar a ser alto, respecto a que la toma de los datos puede llegar a ser difusa por la implicación de las experiencias y los procesos interiorizados de cada individuo [21], además de presentar valores muy pequeños en una escala de cero a uno.

Se pueden encontrar ERM superior a 10% (tolerancia admisible), debido a la fiabilidad de la información, a las relaciones causales planteadas, ya que en el modelo propuesto se consideran algunas, pero no se descarta la existencia de otras de influencia y por la particularidad de la población estudiada podrán existir variable con un impacto representativo, para lo cual la determinación de la validez está unida a varios aspectos [20].

V. RESULTADOS

a. Modelo con datos tendenciales

Los valores actuales del modelo (cohorte 1 a 17), frente al escenario tendenciales (cohorte 18 a 30), dicho comportamiento se presenta de manera detallada y comparativa por cohorte en la ilustración 7, así como el acumulativo de la facultad en la ilustración 8.



Se presentan los gráficos de nivel (acumulativo) y del comportamiento semestral del número de desertores para cada uno de los proyectos curriculares (ilustración 6).

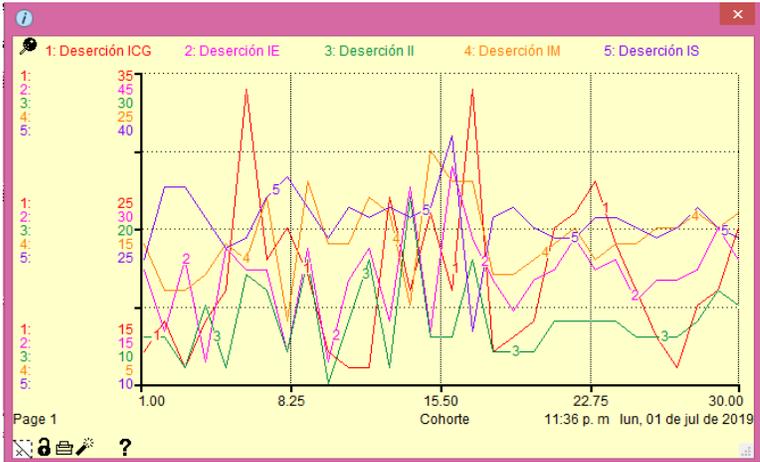


Ilustración 7. Tasas de deserción por cohorte, comportamiento histórico (cohorte 1 a 17) y comportamiento tendencial (cohorte 18 a 30) por Proyecto Curricular.

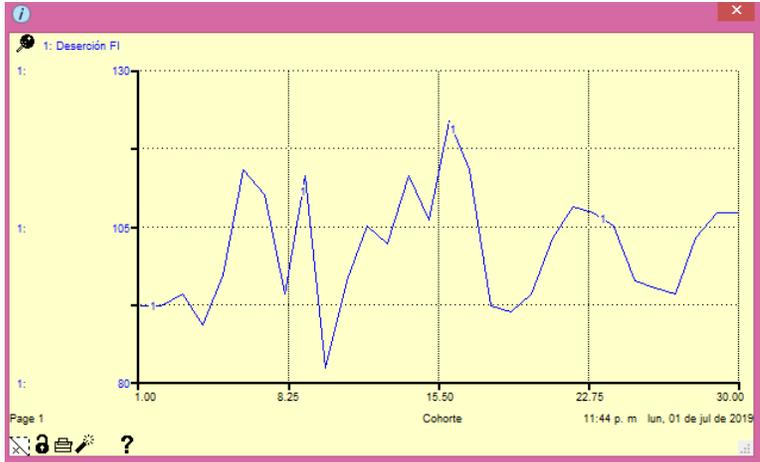


Ilustración 8. Tasas de deserción por cohorte, comportamiento histórico (cohorte 1 a 17) y comportamiento tendencial (cohorte 18 a 30) de la Facultad de ingeniería.

El nivel de deserción para los 30 periodos es de 3037 desertores, basado en el comportamiento se permite concluir que si las condiciones del modelo siguen su tendencia habrá una disminución con respecto a la deserción universitaria del 3,9%, pasando de tener en promedio por cohorte 101 desertores a 98, por lo que el aumento de los hábitos de estudio puede repercutir de manera positiva en la mitigación de la deserción, siendo esta la única de las variables tendenciales que pueden ser tratada desde la Universidad.

b. Escenarios optimistas

Estos escenarios proponen modificaciones en el comportamiento de las variables auxiliares que permitan disminuir el número de desertores en la facultad, los cuales se basan en opciones viables, en la tabla 4 se describen posibles escenarios optimistas, en donde se define la variable a modificar y la respuesta del modelo propuesto. Las modificaciones se realizan tomándolos como datos pronosticados, es decir desde la cohorte 18 a la 30, ya que las cohortes previas son valores históricos (basado en el método *expost-facto*).

Tabla 4. Variaciones en escenarios optimistas. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Escenario optimista	Respuesta del modelo
Inserción laboral	Disminuir la inserción laboral, mediante el aumento de estímulos u opciones de vinculación flexible laboralmente a la universidad, Ilustración 9.	Una disminución de 20% en las tasas tendenciales de inserción laboral significa una disminución de 4,12% (2912 desertores) en la <i>deserción total</i> .
Incompatibilidad horarios	Disminuir la incompatibilidad de los horarios (aumento de satisfacción), Ilustración 10.	Una disminución del 60% en las tasas tendenciales de incompatibilidad de horarios del estudiante, significa una disminución de 4,24% (2908 desertores) en la <i>deserción total</i> .
Adaptación vida universitaria	Aumentar la adaptación a la vida universitaria de los estudiantes, Ilustración 11.	Una disminución de 20% en las tasas tendenciales de problemas en la adaptación a la vida universitaria, significa una disminución de 7,44% (2811 desertores) en la <i>deserción total</i> .
Inserción laboral, incompatibilidad horarios y adaptación vida universitaria	Combinación de los tres escenarios anteriores Ilustración 12.	Una disminución de 20% en las tasas tendenciales de inserción laboral, una disminución del 60% en las tasas tendenciales de incompatibilidad de horarios del estudiante y una disminución de 20% en las tasas tendenciales de problemas en la adaptación a la vida universitaria, significa una disminución de 8,79% (2770 desertores) en la <i>deserción total</i> .
Rendimiento académico	Rendimiento académico basado en vocación errónea, ilustración 13.	Una disminución del 20% en vocación errónea, significa una disminución de 5,301% en la <i>deserción promedio por cohorte</i>

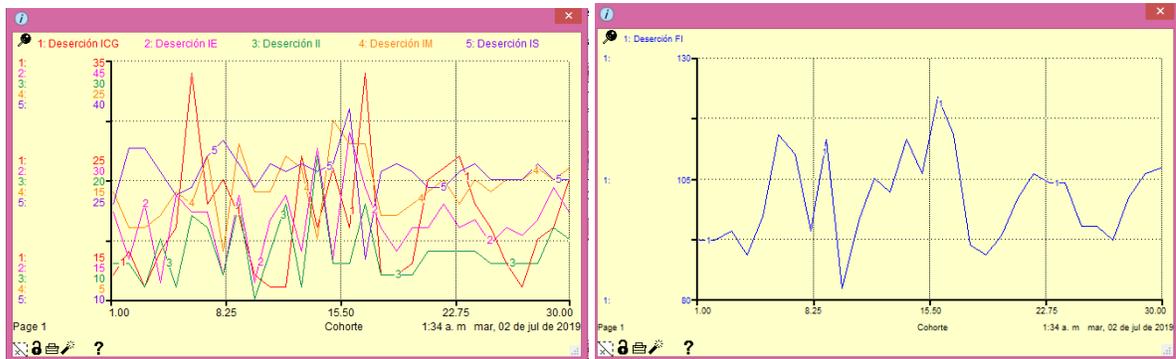


Ilustración 9. Modelo optimista 1- (a) Tasas de deserción por cohorte, comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30) por proyecto curricular (b) Nivel de deserción de la facultad de ingeniería comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30)

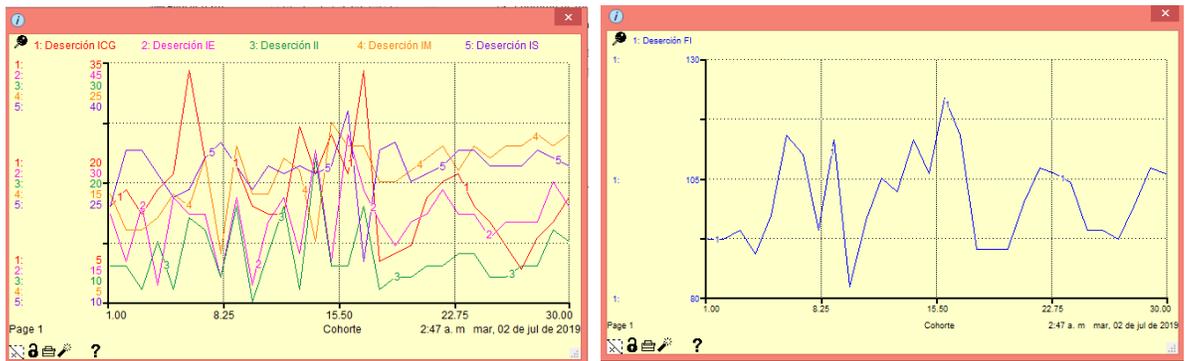


Ilustración 10. Modelo optimista 2- (a) Tasas de deserción por cohorte, comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30) por proyecto curricular (b) Nivel de deserción de la facultad de ingeniería comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30)

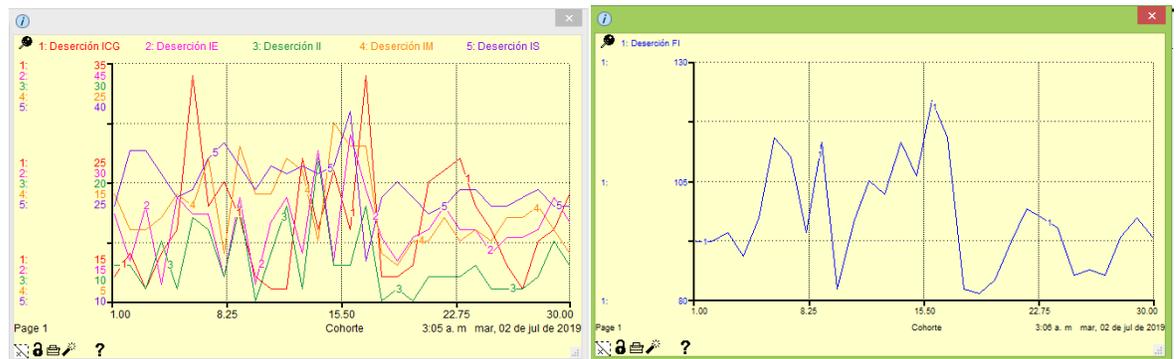


Ilustración 11. Modelo optimista 3- (a) Tasas de deserción por cohorte, comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30) por proyecto curricular (b) Nivel de deserción de la facultad de ingeniería comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30)

Dentro de la libertad en la simulación, se logró determinar tres escenarios optimistas los cuales son presentados en la tabla 4. Posterior a su validación se propone la unión de los tres primeros escenarios optimistas, en el cual se puede observar que el modelo disminuye en un 9,8% en la deserción total, el comportamiento se describe en la ilustración 11. En este escenario final se observa como la propuesta de políticas que ataquen estas tres

variables generara un impacto representativo en el número de desertores de la facultad en los próximos 13 cohortes.

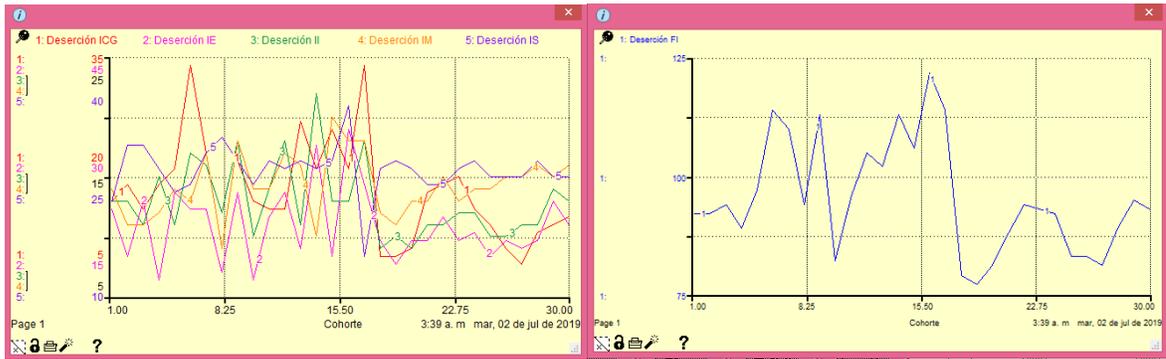


Ilustración 12. Modelo optimista- (a) Tasas de deserción por cohorte, comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30) por proyecto curricular (b) Nivel de deserción de la facultad de ingeniería comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30)

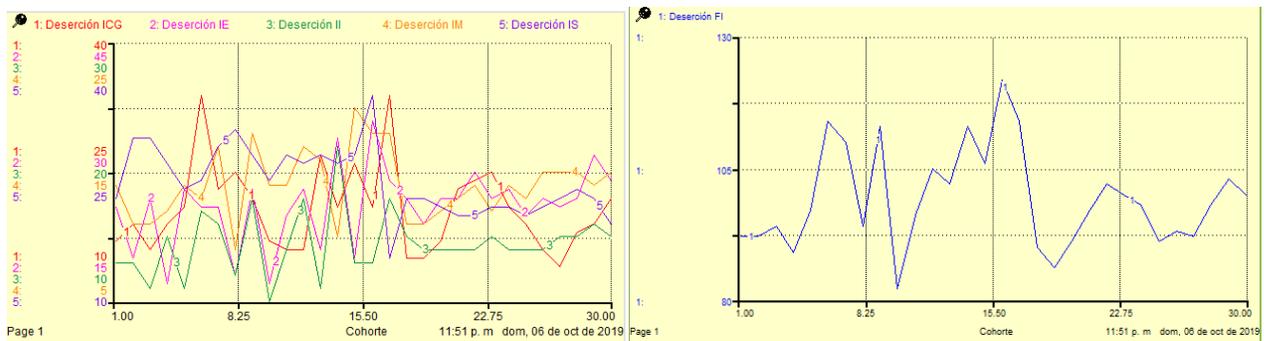


Ilustración 13. Modelo optimista 4- (a) Tasas de deserción por cohorte, comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30) por proyecto curricular (b) Nivel de deserción de la facultad de ingeniería comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30)

c. Escenario pesimista

En este escenario se analiza como el modelo propuesto responde a estrategias que aumentan los números de estudiantes que deciden desertar. En la tabla 5, se describe el escenario.

Tabla 5. Variaciones en escenarios pesimistas

Variable	Escenario pesimista	Respuesta del modelo
Edad	Aumento de la edad promedio de ingreso, Ilustración 95.	El aumento en dos años en la edad promedio de ingreso, significa un aumento de 3.0% en la deserción total.

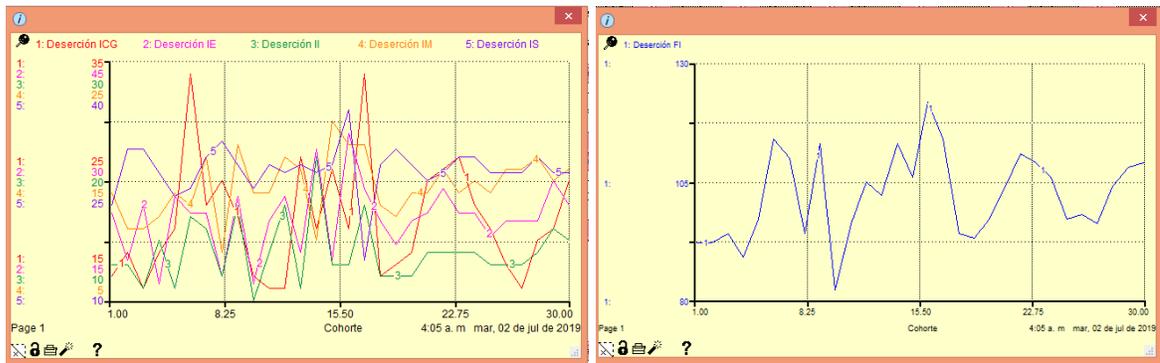


Ilustración 14. Modelo pesimista- (a) Tasas de deserción por cohorte, comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30) por proyecto curricular (b) Nivel de deserción de la facultad de ingeniería comportamiento histórico (1 a 17) y comportamiento tendencial (18 a 30)

Este escenario propuesto muestra como una condición de ingreso del estudiante que no es controlable afecta de manera negativa el proceso de éxito de obtener el título de pregrado, en este caso se concluye que al estar por encima del promedio de la edad de sus homogéneos repercute en varios factores, como lo es menor adaptación a la vida universitaria, mayores compromisos económicos y familiares, mayor dificultad en asignaturas básicas.

V. CONCLUSIONES

El modelo y el tratamiento estadístico permite evidencias que las características y dinámica son propias de cada proyecto curricular, e igualmente pueden llegar a ser diversas por facultad, universidad o país, por lo cual se debe realizar una caracterización propia de la población y tratamiento de datos previos a la simulación, conclusión que es compartida en la investigación de [22]. Al realizar el tratamiento de datos y validación se encuentra que hay periodos en que la información presenta una variación considerable que influyen en el comportamiento general del modelo.

Al contar con una base de datos robusta, en donde se logren integrar información de cada estudiante desde áreas académico-administrativa la veracidad e investigaciones se asimilarán en mayor medida a la realidad.

En el aspecto académico tiene incidencia las *dificultades con las asignaturas* que conforman el plan de estudios en especial Cálculo, Física, Programaciones y las propias del programa, lo que permite concluir que es necesario el seguimiento en dichas asignaturas por cada estudiante. En las herramientas de recolección de información, se evidencio en la mayoría de los casos información proveniente de hombres, desertores con edad de ingreso promedio de 17 años, de nivel socioeconómica bajo, medio-bajo y medio. En la mayoría se identifican deficiencias económicas de alto impacto y diferentes condiciones de estructura familiar, permitiendo aseverar un índice de vulnerabilidad social importante.

En cuanto a la percepción de aspectos generales de la universidad se asocia con la insatisfacción del cuerpo docentes, incomodidad con los horarios de clases, presencia de anormalidad académica y la no adaptación a la vida universitaria. En el caso de la *satisfacción del proyecto curricular* se relaciona con la decisión incorrecta en el programa curricular a cursar y de manera general a la insatisfacción de los docentes.

Un estudiante con alta *desmotivación académica* se basa en ausencia de apoyo familiar y social, problemas en la adaptación a la vida universitaria, tipo de personalidad, edad de ingreso por encima o por debajo de la media de sus homogéneos y vocación errónea.

En el caso deserción por rendimiento académico se asoció a datos previos al ingreso a la universidad, como lo es el tipo de colegio del bachillerato, preparación para ingreso a la universidad y estudios previos, habilidades y hábitos de estudio, además de dificultad en asignaturas, problemas en la adaptación a la vida universitaria, vocación errónea.

La deserción por aspectos económicos se relaciona al número de personas a cargo y responsabilidad familiar, nivel educativo de los padres, si su familia vive fuera de la ciudad en donde se encuentra la Universidad, nivel socioeconómico medio y bajo, la necesidad de inserción en el mundo laboral y estructura familiar (estabilidad económica).

El modelo permitió detectar como variables con mayor influencia para la toma de decisión de deserción universitaria en pregrado de la facultad de ingeniería: inserción laboral, rendimiento académico, ingresos económicos y edad de ingreso.

Se puede minimizar la deserción de manera potencial si se unen diversas estrategias, con el fin de que desde diversos aspectos se apuntes a este fin, ejemplo de ello es la unión de políticas en disminución de la inserción laboral, incompatibilidad de horarios y mejorar la adaptación universitaria.

Referencias

- [1] M. Sánchez Arevalo, «Modelo representativo de deserción estudiantil voluntaria en carreras de pregrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas,» 2015.
- [2] R. Zarate y C. Socha, «Estudio sobre las motivaciones de deserción estudiantil en la Universidad Industrial de Santander,» 2010.

- [3] Universidad de los Andes, Informe mensual sobre el soporte técnico y avance del contrato para garantizar la alimentación, consolidación, validación y uso de la información del SPADIES, Bogotá: Sistema para la Prevención y Analisis de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior, 2014.
- [4] Fideg, «Campaña Social:La educación un arma contra la pobreza,» 2014. [En línea]. Available: https://fideg.org/wp-content/uploads/2017/02/Campaa_Social_2014_4.pdf.
- [5] W. Florez, E. Gutierrez, O. León, J. Sarraipa, C. Pantoja, C. Merino, D. Calderón, M. Calderón, M. Guinocchio, M. Rivera and J. Boticario, "Centros de Apoyo y Desarrollo Educativo Profesional para la observación y disminución de la deserción universitaria," *CIENCIA E INTERCULTURALIDAD*, vol. 18, no. 1, pp. 48-62, 2016.
- [6] R. Cancela, N. Cea, G. Galindo and S. Valilla, Metodología de la investigación educativa: Investigación ex post facto, Madrid: Universidad Autonoma de Madrid, 2012.
- [7] M. Carvajal, «Causas académicas de la desercion estudiantil,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.ucn.edu.co/institucion/Documents/foro%20sobre%20desercion/3-causas-academicas-de-la-desercion.pdf>.
- [8] M. C. Carvajal Herrera, «Causas académicas de la deserción estudiantil,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.ucn.edu.co/institucion/Documents/foro%20sobre%20desercion/3-causas-academicas-de-la-desercion.pdf>.
- [9] I. Morlán, «Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.ehu.eus/i.morlan/tesis/>.
- [10] P. Avellón Naranjo, Análisis Dinámico del Abandono Escolar en España, Valladolid: Universidad de Valladolid, 2016.
- [11] D. Rivera, Prototipo de modelo de evaluación social para realizar inversión en las comunidades del entorno colombiano y así mejorar sus necesidades básicas insatisfechas y aumentar su nivel de vida, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.
- [12] G. Méndez, F. Duarte, S. Torres y P. Vera, Modelo de Calidad de Vida en el sector de flores mediante dinámica de sistemas, Bogotá: Universidad Distrital, 2009.
- [13] G. Méndez Giraldo, Dinámica de sistemas y problemática social, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2012.
- [14] J. Andrade, Propuesta de un modelo macroeconomico: Un enfoque sistémico en la comprensión de la Formulación de políticas monetarias orientadas hacia el crecimiento económico y la estabilidad de precios-Modelo económico clásico, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2012.
- [15] J. Aracil y F. Gordillo, Dinámica de sistemas, Alianza Editorial, 2007.
- [16] F. Duarte, G. Méndez, S. Torres y P. Vera, Modelo de Calidad de Vida en el sector de flores mediante dinámica de sistemas, Bogotá: Universidad Distrital, 2009.
- [17] D. Kalenatic, G. Méndez y L. Álvarez, Dynamic Simulation Model to PyMe Diagnostic, Bogotá: Ingeniería, 2005.
- [18] ProModel, «ProModel,» 10 enero 2018. [En línea]. Available: <http://promodel.com.mx/stat-fit/>.
- [19] Universidad Pedagógica de Colombia, «La deserción estudiantil: Reto investigativo y estratégico asumido de forma integral por la UPN,» 2005.
- [20] G. Méndez, E. López y A. Ávila, El problema del desempleo y la informalidad en Colombia, Bogotá: UD Editorial, 2017.
- [21] Universidad de Murcia, «Docencia: Percepción,» 12 06 2019. [En línea]. Available: <https://www.um.es/docencia/pguardio/documentos/percepcion.pdf>.
- [22] M. C. Castellanos Rojas, Modelamiento y simulación del fenómeno de la deserción y retención estudiantil universitaria tratado como un sistema complejo, Bogotá: RIUD, 2018.

Publicación Facultad de Ingeniería y Red de Investigaciones de Tecnología Avanzada – RITA

REVISTA

TIA