



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Estadística Aplicada

**ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DEL AVANCE ACADÉMICO EN LOS CURSOS DE LA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA, DEL 2010 AL 2015**

Adonai Navas García

Asesorado por el Mtro. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco

Guatemala, marzo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DEL AVANCE ACADÉMICO EN LOS
CURSOS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, DEL 2010 AL 2015**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ADONAI NAVAS GARCÍA

ASESORADO POR EL MTRO. EDWIN ADALBERTO BRACAMONTE
OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN ESTADÍSTICA APLICADA

GUATEMALA, MARZO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
EXAMINADOR	Mtro. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
EXAMINADORA	Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DEL AVANCE ACADÉMICO EN LOS CURSOS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, DEL 2010 AL 2015

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 3 de julio de 2017.

Adonai Navas García



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2018-003

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Artes en Estadística Aplicada titulado: **"ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DEL AVANCE ACADÉMICO EN LOS CURSOS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, DEL 2010 AL 2015"** presentado por el Licenciado en Matemática Aplicada Adonai Navas García, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

"Id y Enseñad a Todos"

guzior
MSc. Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, marzo de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

Doctorado: Cambio Climático y Sostenibilidad. Programas de Maestrías: Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. Especializaciones: Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y dencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera. Catastro.



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

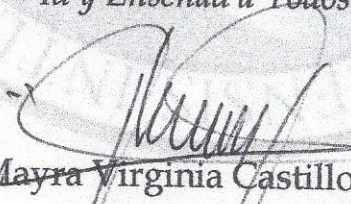
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2018-003

La Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del Trabajo de Graduación titulado **"ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DEL AVANCE ACADÉMICO EN LOS CURSOS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, DEL 2010 AL 2015"** presentado por el Licenciado en Matemática Aplicada Adonai Navas García, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Estadística Aplicada; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora a.i.

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, marzo de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

Doctorado: Cambio Climático y Sostenibilidad. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de Información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera. Catastro.



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

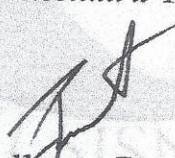
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2018-003

Como Coordinador de la Maestría en Artes en Estadística Aplicada del Trabajo de Graduación titulado **"ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DEL AVANCE ACADÉMICO EN LOS CURSOS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, DEL 2010 AL 2015"** presentado por el Licenciado en Matemática Aplicada Adonai Navas García, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


MSc. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, marzo de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

Doctorado: Cambio Climático y Sostenibilidad. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de Información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad. Explotación Minera. *Culturas*

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	José Esaú Navas y Ana María García de Navas. In Memoriam.
Mi esposa	Leslie Janette Palma Colindres de Navas, por ser el pilar fundamental en mi familia.
Mi hijo	Rodrigo Mateo Navas Palma, por ser un nuevo amanecer en mi vida.
Mi familia	Alei, Liz, Carlos, Any, Doris, Delmy y Claudia.
Dios	Por permitirlo.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser más que mi alma máter.

**La Facultad de
Ingeniería**

Por el apoyo brindado.

**Mis amigos de la
Facultad**

A toda la cohorte de la maestría, en especial a
Mayrita.

La Dra. Mayra Castillo

Por todo apoyo incondicional y ser más que una
excelente guía dentro de la academia y fuera de
ella, una amiga muy especial.

MSc. Edwin Bracamonte

Por su guía y apoyo desde siempre, una
excelente persona a la que admiro con mucho
respeto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE ABREVIATURAS	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XIII
OBJETIVOS	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1. Estudios previos	1
1.2. Justificación	7
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Indicadores de avance académico en el nivel superior	9
2.2. Fundamentos de los métodos de estadísticos	15
3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	29
3.1. Análisis de regresión de créditos académicos y año de ingreso	32
3.2. Avance académico por área, carrera y género	34
3.3. Avance académico en los cursos de etapa básica	53
3.4. Avance académico, según la obligatoriedad de los cursos	55
3.5. Índice Global de Avance Académico Real en la Escuela de Ciencias	57

3.6.	Indicadores globales de avance académico real, por curso de la Etapa Básica.....	60
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
	CONCLUSIONES	75
	RECOMENDACIONES.....	79
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de cálculo	12
2.	Avance académico por cohorte, en el área de Matemática.....	36
3.	Avance académico por cohorte, en el área de Física	37
4.	Avance académico por cohorte, en el área de Estadística.....	38
5.	Avance académico por cohorte, en el área de Química	39
6.	Avance académico por cohorte, en el área de Social Humanística	40
7.	Avance académico por cohorte, en el área de Técnica Complementaria	41
8.	Avance académico por cohorte, en el área de Idioma Técnico.....	42
9.	Avance académico por cohorte, en el área de Deportes.....	43
10.	Avance académico por área	44
11.	Índice global de avance académico, en la Escuela de Ciencias I.....	58
12.	Índice global de avance académico, en la Escuela de Ciencias II.....	58
13.	Avance académico en la Escuela de Ciencias por carrera.....	62

TABLAS

I.	Total de asignaciones de cursos de la Escuela de Ciencias	29
II.	Asignaciones de cursos aprobados.....	30
III.	Total de créditos asignados	30
IV.	Total de créditos obtenidos	31
V.	Avance académico por cohorte	31
VI.	Avance académico por cohorte durante el período 2010 – 2015.....	33
VII.	Distribución de cursos por área	34
VIII.	Avance académico en el área de Matemática	35
IX.	Avance académico en el área de Física	36
X.	Avance académico en el área de Estadística	37
XI.	Avance académico en el área de Química	38
XII.	Avance académico en el área de Social Humanística	39
XIII.	Avance académico en el área de Técnica Complementaria.....	40
XIV.	Avance académico en el área de Idioma Técnico	41
XV.	Avance académico en el área de Deportes	42
XVI.	Avance académico por área	43
XVII.	Grupos homogéneos entre áreas	45
XVIII.	Avance académico Ingeniería Ambiental	46
XIX.	Avance académico Ingeniería Civil.....	46
XX.	Avance académico Ingeniería Eléctrica	47
XXI.	Avance académico Ingeniería Electrónica	47
XXII.	Avance académico Ingeniería en Ciencias y Sistemas.....	47
XXIII.	Avance académico Ingeniería Industrial	48
XXIV.	Avance académico Ingeniería Mecánica.....	49
XXV.	Avance académico Ingeniería Mecánica Eléctrica	49
XXVI.	Avance académico Ingeniería Mecánica Industrial	49
XXVII.	Avance académico Ingeniería Química.....	50

XXVIII.	Avance académico por carrera durante el período 2010 – 2015	51
XXIX.	Grupos homogéneos entre carreras	51
XXX.	Avance académico género femenino	52
XXXI.	Avance académico género masculino	52
XXXII.	Avance académico por género	52
XXXIII.	Avance académico en los cursos de Ciencia Básica	54
XXXIV.	Avance académico en los cursos Complementarios.....	54
XXXV.	Avance académico en Escuela de Ciencias	55
XXXVI.	Avance académico para cursos obligatorios	56
XXXVII.	Avance académico para cursos optativos	56
XXXVIII.	Avance académico por obligatoriedad de cursos	56
XXXIX.	Resultados Ciencia Básica y Cursos Complementarios por carrera.....	61
XL.	Avance académico real por carrera en la Escuela de Ciencias	62

LISTA DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	CURSO
AM	ANÁLISIS MECÁNICO
AP	ANÁLISIS PROBABILÍSTICO
MB1	ÁREA MATEMÁTICA BÁSICA 1
MB2	ÁREA MATEMÁTICA BÁSICA 2
MI1	ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 1
MI2	ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 2
MI3	ÁREA MATEMÁTICA INTERMEDIA 3
SH1	ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 1
SH2	ÁREA SOCIAL HUMANÍSTICA 2
TC1	ÁREA TÉCNICA COMPLEMENTARIA 1
TC2	ÁREA TÉCNICA COMPLEMENTARIA 2
D1	DEPORTES 1
D2	DEPORTES 2
E1	ESTADÍSTICA 1
E2	ESTADÍSTICA 2
E3	ESTADÍSTICA 3
EP	ETICA PROFESIONAL
FC	FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
F1	FÍSICA 1
F2	FÍSICA 2
F3	FÍSICA 3
F4	FÍSICA 4
FB	FÍSICA BÁSICA
IT1	IDIOMA TÉCNICO 1
IT2	IDIOMA TÉCNICO 2
IT3	IDIOMA TÉCNICO 3
IT4	IDIOMA TÉCNICO 4
LO	LÓGICA
MA1	MATEMÁTICA APLICADA 1

MA2	MATEMÁTICA APLICADA 2
MA3	MATEMÁTICA APLICADA 3
MA4	MATEMÁTICA APLICADA 4
MA5	MATEMÁTICA APLICADA 5
MC1	MATEMÁTICA PARA COMPUTACIÓN 1
MC2	MATEMÁTICA PARA COMPUTACIÓN 2
MECAN1	MECÁNICA ANALÍTICA 1
MECAN2	MECÁNICA ANALÍTICA 2
Q2	QUÍMICA 2
QG1	QUÍMICA GENERAL 1

GLOSARIO

Avance académico	Es el cociente entre el número de créditos aprobados y el número de créditos programados.
Avance académico real	Es el cociente entre el número de créditos aprobados y el número de créditos asignados.
Cohorte	Se refiere a la forma de agrupar a los estudiantes, a partir del año de ingreso a la universidad.
Índice	Es el indicador de mayor jerarquía que resume a totalidad cada uno de los indicadores, tomando su peso específico.
Indicador	Es un resultado parcial que describe o estima una parte del estudio, en el presente trabajo se toma, según niveles jerárquicos de la base de datos.
Desagregación	Se entiende como desagregación toda manipulación de la base de datos en función de llaves primarias. Es la forma de desglosar una base de datos.

Ficha técnica	Es la definición exacta de un indicador o un índice, que da además información de cómo se calcula y la periodicidad de dicho cálculo.
Eficiencia terminal	Se refiere al tiempo de culminación, en el presente trabajo, de estudios y está dado como un porcentaje de tiempo real de culminación y del tiempo programado.
Rendimiento académico	Es una medida del aprovechamiento de estudios, usualmente se calcula, a través del promedio de la nota de promoción.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación, se realizó un estudio del avance académico real de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el período del año 2010 al año 2015 para los cursos que administra la Escuela de Ciencias, en el cual se obtuvo un índice general del 45.01 % (49 % en el caso ponderado) como avance académico real, el cual se considera bajo.

Se describe el avance global de los estudiantes, a través de la construcción de indicadores para cada género, carrera y área. Para el caso específico de cohorte, se logró determinar una correlación lineal entre el año de ingreso a la Facultad y su avance académico.

Se logró determinar la normalidad de los datos, a través de pruebas específicas, lo cual facilitó en gran medida las pruebas paramétricas Post-Hoc utilizadas en análisis de mayor profundidad en búsqueda de diferencias.

Se logró determinar las diferencias que existen entre carreras, así como por áreas, clasificación en la Escuela de Ciencias (ciencia básica y cursos complementarios) y por la obligatoriedad de los cursos (obligatorios y optativos); mientras que por otra parte, el género no determinó diferencias estadísticas significativas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contexto general

El tema de investigación surgió como una necesidad propia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, manifestada por la Dirección de la Escuela de Ciencias, el cual consistía en describir el avance de los estudiantes dentro del pensum de estudios correspondientes para una cohorte completa.

Específicamente, se requería conocer el grado de avance de los estudiantes asignados en cursos administrados por la Escuela de Ciencias, con relación al número de créditos académicos programados en cada semestre versus el número de créditos que en promedio acumulan los estudiantes de las diferentes carreras.

La Escuela de Ciencias está organizada en dos departamentos y seis áreas que en total administran 39 cursos distribuidos de la siguiente manera:

- **Departamento de Matemática**
Matemática Básica 1 y 2, Matemática Intermedia 1, 2 y 3, Matemática Aplicada 1, 2, 3, 4 y 5, Matemática de Cómputo 1 y 2.
- **Departamento de Física**
Física Básica, Física 1, 2, 3 y 4, Mecánica Analítica 1 y 2 y Análisis Mecánico.
- **Área Social Humanística**
Ética Profesional, Lógica, Social Humanística 1 y 2, Filosofía de la Ciencia.
- **Área de Estadística**

Estadística 1, 2 y 3, Análisis Probabilístico.

- **Área de Química General.**
Química General 1 y 2
- **Área Técnica Complementaria**
Técnica Complementaria 1 y 2
- **Área de Deportes**
Deportes 1 y 2
- **Área Idioma Técnico**
Idioma Técnico 1, 2, 3 y 4.

Históricamente, un problema recurrente en la Facultad de Ingeniería en general y en particular en la Escuela de Ciencias, ha sido el fenómeno de repitencia, a pesar de la normativa que establece que los estudiantes tienen tres oportunidades para aprobar un curso en semestre normal y tres oportunidades en la escuela de vacaciones. Adicionalmente, existe la oportunidad de realizar procesos de desasignación de cursos. Aunado a esto, un gravamen del problema es que se permiten desasignaciones, a partir de la fecha de entrega de notas del primer examen parcial, desconociéndose la incidencia de dichos procesos en el avance de los estudiantes de las diferentes carreras. Se debe indicar también que la asignación de cursos se programa generalmente después de que se realizó el primer parcial.

Descripción del problema

De manera empírica se ha observado que los alumnos se retrasan en su avance académico de acuerdo a lo programado semestralmente, en el pensum de estudio en cada una de las carreras. El centro de interés consistió en la medición del grado de avance en cuanto al número de créditos acumulados por los estudiantes que se asignan cursos a cargo de la Escuela de Ciencias.

Derivado de lo anterior, se hizo necesario realizar un estudio estadístico a profundidad del avance real de los estudiantes en la obtención de créditos académicos derivados de la aprobación de cursos, que estableciera diferencias relacionadas con el año de ingreso, curso, área o departamento, área de la etapa básica (ciencias básicas o complementaria), carrera y género de los estudiantes. Con base en ello, se requirió construir indicadores globales en función de índices de menor nivel jerárquico.

Formulación del problema

La pregunta central y las preguntas auxiliares se formularon para los cursos administrados por la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el período de 2010 a 2015.

Pregunta central

¿Cuáles son los indicadores del avance académico global de los estudiantes de ingeniería en los cursos de la Escuela de Ciencias, en las diferentes carreras y áreas?

Preguntas auxiliares

1. ¿Cuál es el comportamiento estadístico del avance académico de los estudiantes de ingeniería en los cursos administrados por la Escuela de Ciencias?
2. ¿Cuáles son las diferencias en el avance académico de los estudiantes de ingeniería, que se relacionan con el área, carrera, género y año de ingreso?

3. ¿Cuáles son las diferencias entre los índices de avance académico de los cursos de ciencias básicas y de los cursos complementarios de la Escuela de Ciencias?
4. ¿Cuáles son las diferencias entre los índices de avance académico de los cursos obligatorios y de los cursos optativos de la Escuela de Ciencias?
5. ¿Cuáles son los índices globales de avance académico real en las diferentes áreas de la etapa básica para cada carrera de ingeniería que permiten construir indicadores?
6. ¿Cuáles son los indicadores de avance global para los cursos administrados por la Escuela de Ciencias, para todas las carreras de ingeniería en el período 2010 a 2015?

Delimitación del problema

Este estudio se enfocó únicamente en los cursos que administra la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería.

Se estudió una cohorte de estudiantes del año 2010 al 2015 para tener una referencia que permita replicar el estudio para cualquier otra cohorte estudiantil y así medir así su avance para llegar al cierre de pensum como mínimo en el tiempo estipulado. La información que fue analizada es la que proporcionó el Centro de Cálculo de la Facultad de Ingeniería.

OBJETIVOS

General

Describir el avance académico global de los estudiantes en los cursos de la Escuela de Ciencias, a través de la construcción de indicadores en las diferentes carreras y áreas para la creación de un índice global de avance académico real para la Escuela de Ciencias.

Específicos

1. Describir el comportamiento del avance académico en los cursos administrados por la Escuela de Ciencias, por medio de un análisis de regresión en función de los créditos académicos obtenidos y el año de ingreso a la Facultad.
2. Comparar los índices de avance académico para identificar diferencias asociadas con el área, carrera y género de los estudiantes de ingeniería, a través de pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianza.
3. Comparar los índices de avance académico entre los cursos de ciencias básicas y los cursos complementarios de la etapa básica, a través de pruebas de hipótesis y análisis de correlación, para identificar diferencias.
4. Comparar los índices de avance académico entre los cursos obligatorios y los cursos optativos de la Escuela de Ciencias, a través de pruebas de hipótesis y análisis de correlación, para identificar diferencias.

5. Establecer índices globales de avance académico real en las diferentes áreas de la Escuela de Ciencias, a través de promedios ponderados de indicadores para diferenciar entre las posibles clasificaciones de cursos.

6. Crear indicadores de avance académico global en los cursos de la etapa básica para todas las carreras, por medio de promedios ponderados de indicadores para describir su evolución en el período 2010 a 2015.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

Características del estudio

- **Enfoque**

El presente estudio se clasifica como cuantitativo, ya que se pretende medir a través de indicadores e índices el avance académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en los cursos que administra la Escuela de Ciencias.

- **Alcance**

Este estudio se clasifica como descriptivo y correlacional, ya que se hace necesario en primer lugar, un análisis exploratorio y luego crear indicadores e índices para la medición que se propone en el esquema de solución, y luego se realizan correlaciones para ver posibles diferencias entre los desgloses del estudio.

- **Diseño**

El diseño del presente estudio es no experimental, ya que no se realizó ningún experimento ni encuesta, pues se tiene la base de datos oficial por parte del Centro de Cálculo de la Facultad de Ingeniería; además, el estudio se realizó de manera longitudinal de evolución de cohorte, pues se hicieron desagregaciones de la base de datos original para tener el juego de indicadores y posteriormente la creación del índice para toda la Escuela de Ciencias para las distintas cohortes de estudiantes comprendidas en el período del año 2010 al 2015.

Unidades de análisis

La población de estudio comprende a todos los estudiantes de la Facultad de Ingeniería inscritos y asignados a cursos de la Escuela de Ciencias en el período comprendido del año 2010 al 2015. Como subpoblaciones se tomaron niveles de desagregación por género, carrera, cohorte, área y otros obtenidos de la base de datos oficial.

Variables

Nombre	Definición Teórica	Definición Operativa
Avance académico real	Suma de Créditos obtenidos (CO) / Suma de Créditos asignados (CA)	Tasa: $(CO/CA)*100$
Género	Género de los estudiantes	1 = Masculino 0 = Femenino
Carrera	Carreras de la Facultad de Ingeniería	1 = Civil 2 = Química, etc...
Área de la Escuela de Ciencias	Matemática, Estadística, Química, Física, Social Humanística, Idioma Técnico, Deportes y Técnica Complementaria	1 = Matemática 2 = Estadística 3 = Química 4 = Física 5 = Social Humanística 6 = Idioma Técnico 7 = Deportes 8 = Técnica Complementaria
Cohorte	Año calendario en que el estudiante ingresó a la FIUSAC	Año de Ingreso a FIUSAC

El presente estudio se realizó a partir de una exploración inicial de la base de datos de la siguiente manera:

- Estadísticos descriptivos
- Pruebas de normalidad
- Creación de Indicadores
- Test de hipótesis sobre posibles diferencias entre los indicadores o bien para indagar diferencias entre el avance de carreras, áreas

de la Escuela de Ciencias o bien por género y los desgloses que se consideraron necesarios y que la base de datos permitió, esto a través de las pruebas paramétricas aplicadas como la de Kolmogórov-Smirnov para la normalidad.

- Análisis Post Hoc. A partir de las pruebas de hipótesis de la fase anterior, se aplicaron pruebas de Tukey y de Games-Howell cuando fue necesario, al igual que la prueba T de Student para una muestra.
- Análisis de varianza. Se pudo utilizar ANOVA para la diferenciación inicial en la búsqueda de diferencias significativas.

Fases

- **Revisión de literatura**

Se revisaron reportes a nivel nacional e internacional para los antecedentes y metodología durante todo el desarrollo del trabajo.

- **Gestión de base de datos**

Se solicitó la base de datos oficial al Centro de Cálculo de la Facultad de Ingeniería, con la información de los estudiantes inscritos en los cursos que administra la Escuela de Ciencias durante el período del 2010 al 2015.

- **Análisis exploratorio de la información**

Una vez obtenida la base de datos, se realizó un análisis a profundidad de dicha base de datos, para garantizar su robustez y coherencia. Este análisis a profundidad se refiere al hecho que se realizaron análisis en búsqueda de diferencias por regresión vía cohorte y créditos obtenidos, se desglosó también por área, carrera y género; por

clasificación de cursos (etapa básica y cursos complementarios, así como también por cursos obligatorios y optativos).

- **Creación de indicadores e índices del avance académico real**

Al tener la base de datos limpia y lista para el manejo se definieron, a través de fichas técnicas cada uno de los indicadores que se calcularon y la construcción del índice global para la Facultad de Ingeniería en los cursos específicos de la Escuela de Ciencias.

- **Análisis paramétrico y/o no paramétrico**

A partir de los resultados de la fase anterior se realizaron pruebas de Tukey, Games-Howell y T de Student para indagar las posibles diferencias entre áreas, entre carreras, entre cursos, según las desagregaciones posibles en la base de datos. Lo cual permitió una comparación entre las distintas cohortes que se tomaron en cuenta en el presente estudio. Dentro de esta fase se considera implícito el estudio de normalidad (prueba de Kolmogórov-Smirnov) y análisis de varianza (ANOVA) respectivos.

- **Informe final**

Redacción del informe final que incluye los resultados, conclusiones y recomendaciones que se generan, a partir de las fases anteriores.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de graduación surge como una necesidad propia de Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el cual consiste en una primera aproximación para describir el avance académico real de los estudiantes dentro del pensum de estudios correspondiente, para una cohorte completa de estudiantes, entendiendo como avance académico, la obtención de créditos académicos programados vrs. créditos reales obtenidos por los estudiantes. El estudio se centró en los cursos que administra la Escuela de Ciencias de acuerdo a cada una de las carreras que se imparten en la Facultad de Ingeniería

El problema de la medición del avance académico fue una necesidad aún no cubierta en la Facultad de Ingeniería, con lo cual, los resultados del presente estudio aportan metodologías específicas para la creación de indicadores del avance académico real para hacer mediciones periódicas, así apoyar a los procesos de acreditación y re-acreditación que se impulsan en la Facultad y como apoyo para las autoridades académicas y administrativas.

El avance académico se abordó desde el punto de vista estadístico, a través de la creación de indicadores de cursos, áreas y género para luego indagar posibles diferencias a nivel estadístico entre tales desgloses mencionados, vía métodos paramétricos o no paramétricos, según sean aplicables a cada subpoblación en estudio.

El informe final del presente estudio se presenta en 4 capítulos, los cuales brevemente se describen a continuación: en el primer capítulo, se presenta el

marco referencial sobre antecedentes del presente estudio; en el capítulo 2, se incluyen la base conceptual acerca del rendimiento académico y sus indicadores, así como también, los fundamentos de los métodos estadísticos que serán aplicados. Los resultados que se obtengan del análisis de información, serán presentados en el capítulo 3 y su discusión se presenta en el capítulo 4. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones, así como las referencias bibliográficas y anexos.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Estudios previos

El estudio del desempeño académico de los estudiantes universitarios, es un tema de suma importancia para las instituciones educativas del nivel superior, por su relación con el cumplimiento de sus objetivos primordiales en la formación de profesionales. Dicho desempeño se ha investigado desde la perspectiva del análisis del rendimiento académico medido, a través de calificaciones finales o índices de aprobación, reprobación y deserción; además, se ha estudiado analizando el avance en los pensa de estudios con relación al número de créditos acumulados o la cantidad de materias aprobadas en cada período lectivo.

Para el presente estudio, el avance académico se estudió mediante el número de créditos académicos acumulados durante un período.

Los estudios revisados se describen a continuación.

En Piatti, González, Salde y Severini (2007) se consideraron 10 años de datos, a través del análisis de tres enfoques del comportamiento académico, el cual es descrito con índices de producto, proceso y aprobación, los cuales complementan los indicadores de tasa de rendimiento y éxito. Utilizaron el porcentaje acumulado de alumnos aprobados por asignatura. En el presente estudio solamente se tomó en cuenta la medición de la obtención de créditos académicos derivados del proceso de aprobación, excluyendo las tasas de rendimiento y aprobación.

Estos métodos también se aplican en otras latitudes como parte del proceso de acreditación de las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) en Argentina, como mencionan Piatti *et al.* en el artículo antes citado.

Estos estudios permitieron visualizar los aportes del trabajo propuesto como apoyo a los procesos de acreditación y re-acreditación impulsados en la Facultad de Ingeniería de la USAC.

Por otra parte, en España, el Consejo de Coordinación Universitaria (2002), en el Catálogo de Indicadores del Sistema Universitario, esbozó una metodología para integrar un conjunto de indicadores para describir el avance académico de la década anterior, a través de 5 indicadores que incluyen: tasas de rendimiento académico, de éxito, de evaluación, de abandono y de cambio de carrera. En el presente estudio se analizó la variación de los primeros tres indicadores mencionados, diferenciados entre cohortes, carrera, cursos, área y género de los estudiantes.

Por otra parte, en Saleme *et al.* (2008) se detallan varias dificultades en el avance académico que ocasionan que más del 50 % de los alumnos participantes en el estudio no avanzan, según el ritmo esperado, es decir, el avance académico es lento. Dentro de las dificultades que concluye dicho estudio, están las de índole curricular (número de materias a cursar y carga horaria) y de igual forma los aspectos personales (didáctica y evaluación aunadas a carencia de técnicas de estudio y problemas afectivos). Estos referentes ayudaron en la delimitación del presente estudio, en el cual,

únicamente se estudió el avance académico real sin tomar en cuenta las otras variables.

Un dato interesante sobre indicadores de avance académico lo exponen Rodríguez Ayán y Ruíz Díaz (2011), en donde mencionan tres tipos de indicadores de avance académico, a saber: el número de créditos acumulados durante un período determinado, la relación entre créditos acumulados y créditos matriculados y la razón entre el número de créditos acumulados y el número de créditos que el alumno teóricamente debió acumular, según el plan de estudios, éste último es el indicador que constituye una medida del avance en la carrera. También mencionan que el uso y conocimiento de estos indicadores es aún muy limitado, ya que usualmente se utilizan más los indicadores de rendimiento académico, los cuales toman las calificaciones como base para la construcción de los mismos.

Otra pauta de cómo definir el avance académico la dieron Baldino *et al.* (2016), quienes definieron el avance académico como el cociente entre el número de cursos aprobados entre el número total de cursos a cursar en una carrera. Debe notarse que es un indicador muy general, pues indica el avance sobre el total de cursos y las dimensionales son únicamente por cursos, en el presente estudio se realizó un indicador específico para la medición por créditos.

En la misma línea de orientación que el estudio anterior, define el avance académico la Vicerrectoría Académica de la Universidad Nacional de Colombia (2011). Donde además aportaron un indicador interesante, ya que consideraron un indicador de “créditos disponibles” que no es más que el complemento del indicador de avance académico ya descrito anteriormente. Tal indicador se podría tomar en cuenta para ver el “avance pendiente” de los estudiantes, que

desde un punto de vista técnico, a partir del avance real se puede obtener directamente.

A su vez, en España, se tiene diseñado el Catálogo Oficial de Indicadores Académicos por parte el Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España (2014), en el cual el indicador de avance está incluido dentro de las variables de rendimiento académico y lleva un detalle de desagregación bastante extenso, dentro del cual se incluyen recuentos periódicos de créditos matriculados, créditos acumulados, créditos superados, créditos superados acumulados y créditos reconocidos acumulados. En el presente estudio fueron incluidos los créditos matriculados y los superados, que nuevamente por las definiciones de los otros indicadores se puede obtener los mismos indicadores por complemento.

Resultó interesante un compendio estadístico tan extenso y completo como el que se realiza anualmente en los Estados Unidos de América por parte del Centro Nacional para Estadísticas de Educación (National Center for Education Statistics) como parte de las actividades del Instituto de Ciencias Educativas (Institute of Education Sciences) realizado por Kena *et al.* (2016), en el cual se hace notar la importancia de los indicadores que permiten medir cuantitativamente el avance académico y muchos otros más que por extensión no son parte medular del presente estudio. Además, se puede mencionar que este compendio tiene un nivel de desagregación admirable y podría ser utilizado de guía para posteriores estudios o diseños de indicadores en otras áreas de interés para cualquier universidad, de hecho, y para tener una panorámica de la extensión del compendio se puede mencionar que se toman en cuenta todos los niveles académicos a nivel nacional y sus respectivos niveles de desagregación por variables de tipo demográficas, socioeconómicas, y otras.

De la misma manera puede verse en Snyder (2016) que consta de 996 páginas de estadísticas respecto a educación.

Para finalizar, se puede mencionar que la medición de indicadores de avance académico son un requisito “*Sine qua non*” para los procesos de acreditación como puede consultarse en el marco general realizado por COPAES (Consejo para la Acreditación de la Educación Superior) (2002).

Estudios realizados en la Facultad de Ingeniería, USAC.

A nivel local se tuvo acceso a dos estudios propios de la Facultad de Ingeniería, USAC, en el primero de los cuales Rivera (1990), realizó un análisis del crecimiento de las asignaciones de cursos y del comportamiento esperado a través de proyecciones de asignaciones a los distintos cursos impartidos en el período de 1971 a 1990. Aunque dicho estudio tenía como propósito principal solamente estimar el comportamiento de las asignaciones de cursos sin analizar el rendimiento académico en los mismos, se considera que implícitamente se relaciona con el comportamiento del avance de los estudiantes en sus carreras de ingeniería, en el momento de realizar proyecciones se estaba tomando de alguna manera una especie de tasa de aprobación sin calcularla como tal.

En este sentido, el presente estudio buscó trascender el análisis del comportamiento de las asignaciones de cursos, centrándose en el avance real medido a través de los indicadores relacionados con la obtención de créditos académicos.

El segundo estudio realizado en la Facultad de Ingeniería, fue publicado en 1990 por el Sistema de Planificación de dicha unidad académica; en este

estudio se describió el comportamiento de las variables relacionadas con el rendimiento académico en los distintos cursos impartidos en la Facultad, incluyendo índices de aprobación, reprobación y deserción, entre otras estadísticas, para el período de 1987 a 1990.

Entre los propósitos planteados en el documento citado, se buscaba establecer un sistema de seguimiento constante del movimiento de la población estudiantil, conocer el comportamiento del rendimiento académico en las diferentes áreas, a través de los indicadores ya mencionados y brindar a las autoridades información que les facilitará planificar, proyectar y optimizar los recursos asignados a la Facultad.

La revisión de estudios realizados, tanto en otros países como en el contexto de la Facultad de Ingeniería, ponen de manifiesto el interés que en distintos momentos ha existido por el estudio de diversos indicadores del desempeño académico de los estudiantes. Para el presente trabajo de graduación, sirvieron como referentes para el marco metodológico y para el contraste de los resultados obtenidos.

Cabe mencionar que se tuvo acceso a un documento interno de la Escuela de Ciencias en el cual se realizó un análisis transversal de avance de créditos de 1985 a 2003, el cual brinda también una guía para la elaboración del presente trabajo y de alguna manera poder ser utilizado por la Dirección para su “comparación”. Es importante aclarar que tal estudio no se centra en los cursos de la Escuela de Ciencias sino al hacer cortes transversales cuenta cuantos créditos lleva cada cohorte sin distinción de cursos sino únicamente de carrera.

1.2. Justificación

El presente estudio se enmarca en las líneas de investigación de Métodos Estadísticos paramétricos y no paramétricos, de la maestría en Estadística Aplicada.

Dada la inexistencia de estudios estadísticos profundos y actualizados que permitan de manera continua contar con indicadores de avance académico en los diferentes pensos de estudios de las carreras de ingeniería, los resultados obtenidos permiten conocer de manera pormenorizada las diferencias en la obtención de créditos académicos en las diferentes áreas y cursos que administra la Escuela de Ciencias.

Dicha información puede ser de utilidad para las autoridades académicas y administrativas de la Facultad de Ingeniería, para tomar las medidas pertinentes que permitan incrementar la eficiencia terminal en las diferentes carreras; así mismo, brinda referentes investigativos de soporte para los procesos de acreditación y re-acreditación que se impulsan.

Adicionalmente, se aportan resultados que podrán servir de fundamento para estudios de seguimiento a otras cohortes de estudiantes.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Indicadores de avance académico en el nivel superior

A partir del esquema de solución propuesto se hace necesario en primer lugar, definir los indicadores que se tomaron en cuenta para el presente estudio y además crear fichas técnicas de los mismos, a fin de tener definiciones claras y que concuerden con otros estudios para su comparación, si ese fuera el caso.

En primer lugar, se puede mencionar que en España se ha creado un Sistema Integrado de Información Universitaria (SIIU) que está bajo la Dirección de la Comisión de Estadística e Información Universitaria a cargo del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, quienes han venido trabajando en cuanto a catálogos de indicadores, en el presente estudio se mencionan dos, la referencia del año 2002 y los catálogos de indicadores de los años 2014 y 2016.

En ambos hay definiciones explícitas de muchas tasas para la realización de mediciones de eficiencia académica (la diferencia es nula entre los catálogos 2014 y 2016), entre las cuales se mencionan las siguientes: estudiantes matriculados, estudiantes egresados, tasa de rendimiento, tasa de éxito, tasa de evaluación, abandono, tasa de cambio de estudio y otras. La desagregación que obtienen a distintos niveles que proponen en ambos catálogos es muy extensa, debido al tipo de información que se recopila en las distintas universidades por ley, para la conformación de estadísticas nacionales a nivel universitario. En el caso del presente estudio se verifican niveles de desagregación menores, debido a la base de datos que se solicitó al Centro de Cálculo de la Facultad de Ingeniería, por lo que los indicadores pueden ser calculados con la misma

definición, pero no con el mismo nivel de desagregación que proponen en España.

Por otra parte, por ejemplo en la UNAM (2013), resulta interesante, debido a que como tal no definen en su compendio estadístico un indicador de avance académico, aunque presentan dos indicadores que hacen referencia al tiempo curricular, es decir, una tasa de eficiencia en función del tiempo, cabe la comparación con el presente estudio que la variable dependiente funcional es en este caso créditos académicos y no el tiempo.

Resulta también de interés la comparación con el Sistema Básico de Indicadores para la Educación Superior de América Latina (Ver Carot Sierra 2012) que clasifica sus indicadores por dimensión, sub dimensión y categoría, con un total de 44 indicadores; específicamente en cuanto a la dimensión de resultados, sub dimensión de enseñanza y categoría de resultados está formada por 7 indicadores, uno de los cuales, el indicador 21, llamado “tasa de rendimiento de la titulación”, resulta comparable a la definición que se adopta en el presente trabajo. Este indicador está definido de la manera siguiente:

$$\% \textit{ Avance Académico} = I_{21} = \left(\frac{\textit{Número de créditos superados}}{\textit{Número de créditos programados}} \right) * 100$$

Los niveles de desagregación que se recomiendan son por carrera y de periodicidad anual, lo cual en el presente estudio se cumple la recomendación y se extendió a una desagregación por área de la Escuela de Ciencias y sus distintas clasificaciones internas, por género y por cohorte.

Cabe mencionar una aclaración en este punto. Se considera una expresión similar a la anterior, que contextualizando se tiene que:

$$\% \textit{ de Avance Académico Real} = \left(\frac{\textit{Número de créditos aprobados}}{\textit{Número de créditos asignados}} \right) * 100$$

Esto con el único fin de clarificar, debido a que la base de datos proporcionada es de estudiantes asignados, por tal motivo, se está tomando el avance académico real, ya que depende de los cursos asignados únicamente, no en el caso general que es sobre los cursos programados (el pensum de estudios) que entonces sería llamado Avance Académico Programado.

Es de interés del presente estudio establecer una metodología de medición para un indicador específico como primera fase de la estandarización de estadísticas tal como lo recomiendan instituciones como UNESCO y los institutos de investigación en estadística o sus veces en otras latitudes. Sin embargo, el presente estudio reporta un solo indicador, por lo que además de su metodología será de vital importancia su interpretación como recomienda Morduchowicz (2006). Entonces, a partir de lo anterior, se debe hacer notar que la interpretación del indicador que se busca construir, a partir de éste de manera recursiva un índice a nivel de Facultad, no es otro que un indicador que exprese cuál es el avance académico, cuánto se están retrasando los alumnos con base a el avance programado que debería cumplir, según su pensum particular por carrera en los cursos específicos que tiene a su cargo la Escuela de Ciencias.

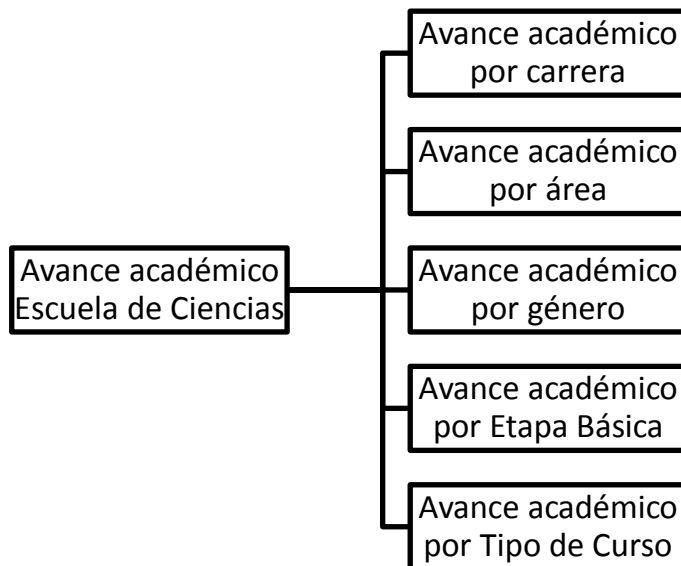
A partir de la revisión anterior, el camino a seguir es en la definición, a través de una ficha técnica de los indicadores e índices que se proponen en el presente trabajo, para tal fin debe también tomarse en cuenta una clasificación detallada de los indicadores e índices como esquematizan en su artículo “Modelo Procedimental de Diseño de Indicadores” Letelier, Herrera, López y Canales (2002).

Estos indicadores fueron contruidos desde cada uno de los cursos que tiene a su cargo la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería, los cuales

dieron un peso específico (proporción por estudiantes como promedio ponderado) para generar un indicador de mayor jerarquía o nivel.

Se considera de suma importancia una aclaración en cuanto a la forma de calcular el avance académico, por lo que debe tomarse en cuenta el siguiente esquema de cálculo.

Figura 1. **Esquema de cálculo**



Fuente: elaboración propia.

Es necesario calcular primero cada uno de los indicadores de las distintas desagregaciones mencionadas, además permiten calcular el índice de avance académico buscado para toda la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería.

Para una explicación de los niveles tómesese por ejemplo: El área de matemática existen cuatro sub áreas resumidas en el siguiente cuadro:

Área	Sub Área	Cursos
Matemática	Básica	Matemática Básica 1
		Matemática Básica 2
	Intermedia	Matemática Intermedia 1
		Matemática Intermedia 2
		Matemática Intermedia 3
	Aplicada	Matemática Aplicada 1
		Matemática Aplicada 2
		Matemática Aplicada 3
		Matemática Aplicada 4
		Matemática Aplicada 5
	Cómputo	Matemática de Cómputo 1
		Matemática de Cómputo 2

Indicadores de primer nivel:

Estos indicadores serán llamados de primer nivel, pues son los indicadores de avance académico a nivel de curso.

Ficha técnica de indicadores de primer nivel

Forma de cálculo	$\% \text{ de Avance académico real por curso} =$ $= \left(\frac{\text{Número de créditos aprobados por curso}}{\text{Número de créditos asignados por curso}} \right) * 100$
Periodicidad	Anual
Dimensionalidad	Porcentaje de avance académico real por curso

Indicadores de segundo nivel:

Estos son los indicadores de avance académico a nivel de sub área.

Ficha técnica de indicadores de segundo nivel

Forma de cálculo	$\% \text{ de Avance académico real por sub área} = \left(\frac{\text{Número de créditos aprobados por sub área}}{\text{Número de créditos asignados por sub área}} \right) * 100$
Periodicidad	Anual
Dimensionalidad	Porcentaje de avance académico real por sub área

Indicadores de tercer nivel:

Estos son los indicadores de avance académico a nivel de área.

Ficha técnica de indicadores de tercer nivel

Forma de cálculo	$\% \text{ de Avance académico real por área} = \left(\frac{\text{Número de créditos aprobados por área}}{\text{Número de créditos asignados por área}} \right) * 100$
Periodicidad	Anual
Dimensionalidad	Porcentaje de avance académico real por área

Índice de avance de la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería

Este será construido a partir de los indicadores de tercer nivel de cada una de las áreas que tiene a su cargo, la Escuela de Ciencias.

Ficha técnica de índice de avance de la Escuela de Ciencias

Forma de cálculo	$\% \text{ de Avance académico real por todas las áreas de la Escuela de Ciencias (E.C.)} =$ $= \left(\frac{\text{Número de créditos aprobados por áreas E.C.}}{\text{Número de créditos asignados por áreas E.C.}} \right) * 100$
Periodicidad	Anual
Dimensionalidad	Índice de avance académico real de la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería

2.2. Fundamentos de los métodos de estadísticos

Análisis estadístico

Dentro de las técnicas estadísticas que se utilizarán se consideran las siguientes en cada una de las partes que se piensa abordar el problema desde el punto de vista estadístico. Cabe señalar que pueden llegar a ser necesarios otros análisis ulteriores, los cuales se agregarán al presente estudio cuando se trabaje directamente la base de datos. El trabajo a manera intuitiva considera la aplicación de las siguientes técnicas estadísticas, las cuales van desde descripciones, pruebas de normalidad, pruebas de hipótesis y análisis paramétrico y no paramétrico de los resultados, así como también regresión lineal y correlación. A continuación se describen las técnicas iniciales que se aplicarán al estudio. En el caso de existir normalidad se utilizarán pruebas paramétricas y de no existir tal normalidad o no poder asumirla se deberán utilizar pruebas no paramétricas.

Pruebas de hipótesis

Se puede definir una prueba de hipótesis como un proceso de inferencia estadística que sirve para tomar una decisión respecto a la evidencia que proporciona una muestra de una población de cierta característica que se sospecha ser verdadera o quiere validarse.

Desde el punto de vista teórico, una prueba de hipótesis hace una partición del espacio muestral en dos regiones, una de aceptación y otra de rechazo, de tal manera que si la muestra considerada se encuentra dentro de la región crítica o de rechazo entonces no se toma en cuenta la hipótesis inicial (comúnmente denominada hipótesis nula) y se toma entonces como válida la contrapuesta (hipótesis alternativa).

Existen varios procedimientos para realizar una prueba de hipótesis, entre los cuales mencionamos el de Neyman-Pearson, el de Razón de Verosimilitudes y el de Fisher.

Se considerará en el presente estudio la metodología de Fisher para el cálculo de las pruebas de hipótesis, la cual, en breves palabras, consiste en:

- Crear una hipótesis nula H_0 y una hipótesis alternativa H_A
- Nivel de significancia, α
- Calcular un estadístico de prueba a partir de la muestra.
- Comparar dicho estadístico de prueba con un estadístico teórico que dependerá de una distribución específica.
- Crear una función de decisión que compare ambos estadísticos para definir si se acepta la hipótesis nula o se rechaza (esto automáticamente significa que se acepta la hipótesis alternativa).

A continuación se presenta una tabla de las posibles pruebas de hipótesis que se pueden realizar dependiendo si las hipótesis son sobre las medias o bien sobre las varianzas en el caso de considerarse una población normal. Como referencia para dichas pruebas se toma a Espejo Miranda *et al.* (2007).

Entre las pruebas de hipótesis posibles de aplicar se tienen las siguientes:

Pruebas de hipótesis e intervalos de confianza para proporciones:

Hipótesis	Región crítica	
$H_0: p = p_0$ $H_A: p \neq p_0$	$ \hat{p} - p_0 \geq z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$	(Ec. 1)
$H_0: p = p_0$ $H_A: p < p_0$	$\hat{p} - p_0 \leq z_{\alpha} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$	(Ec. 2)
$H_0: p = p_0$ $H_A: p > p_0$	$\hat{p} - p_0 \geq z_{1-\alpha} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$	(Ec. 3)

Pruebas de hipótesis e intervalos de confianza para dos proporciones:

Hipótesis	Región crítica	
$H_0: p_1 = p_2$ $H_A: p_1 \neq p_2$	$ \hat{p}_1 - \hat{p}_2 \geq z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}$	(Ec. 4)
$H_0: p_1 = p_2$ $H_A: p_1 < p_2$	$\hat{p}_1 - \hat{p}_2 \leq z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}$	(Ec. 5)
$H_0: p_1 = p_2$ $H_A: p_1 > p_2$	$\hat{p}_1 - \hat{p}_2 \geq z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}$	(Ec. 6)

Pruebas de hipótesis para la media de una población normal con varianza conocida:

Hipótesis	Estadístico de prueba	Región crítica	
$H_0: \mu = \mu_0$ $H_A: \mu \neq \mu_0$	$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma} \sqrt{n}$	$ z \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$	(Ec. 7)
$H_0: \mu = \mu_0$ $H_A: \mu < \mu_0$		$z \leq -z_{\alpha}$	(Ec. 8)
$H_0: \mu = \mu_0$ $H_A: \mu > \mu_0$		$z \geq z_{\alpha}$	(Ec. 9)

Pruebas de hipótesis para la media de una población normal con varianza desconocida:

Hipótesis	Estadístico de prueba	Región crítica	
$H_0: \mu = \mu_0$ $H_A: \mu \neq \mu_0$	$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S} \sqrt{n}$	$ t \geq t_{n-1, \frac{\alpha}{2}}$	(Ec. 10)
$H_0: \mu = \mu_0$ $H_A: \mu < \mu_0$		$t \leq -t_{n-1, \alpha}$	(Ec. 11)
$H_0: \mu = \mu_0$ $H_A: \mu > \mu_0$		$t \geq t_{n-1, \alpha}$	(Ec. 12)

Pruebas de hipótesis para la varianza de una población normal con media conocida y n grados de libertad:

Hipótesis	Estadístico de prueba	Región crítica	
$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$ $H_A: \sigma^2 \neq \sigma_0^2$	$\chi^2 = \frac{nS_{\mu}^2}{\sigma_0^2}$	$\chi^2 \leq \chi^2_{n, \frac{\alpha}{2}} \text{ ó } \chi^2 \geq \chi^2_{n, 1-\frac{\alpha}{2}}$	(Ec. 13)
$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$ $H_A: \sigma^2 < \sigma_0^2$		$\chi^2 \leq \chi^2_{n, \alpha}$	(Ec. 14)
$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$ $H_A: \sigma^2 > \sigma_0^2$	$S_{\mu}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}$	$\chi^2 \geq \chi^2_{n, 1-\alpha}$	(Ec. 15)

Pruebas de hipótesis para la varianza de una población normal con media desconocida:

Hipótesis	Estadístico de prueba	Región crítica	
$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$ $H_A: \sigma^2 \neq \sigma_0^2$	$\chi^2 = \frac{nS^2}{\sigma_0^2}$	$\chi^2 \leq \chi^2_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \text{ ó } \chi^2 \geq \chi^2_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}}$	(Ec. 16)
$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$ $H_A: \sigma^2 < \sigma_0^2$		$\chi^2 \leq \chi^2_{n-1, \alpha}$	(Ec. 17)
$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$ $H_A: \sigma^2 > \sigma_0^2$		$\chi^2 \geq \chi^2_{n-1, 1-\alpha}$	(Ec. 18)

Pruebas de hipótesis para la diferencia de medias de dos poblaciones normales independientes con varianzas conocidas:

Hipótesis	Estadístico de prueba	Región crítica	
$H_0: \mu_0 - \mu_0 = \delta_0$ $H_A: \mu_0 - \mu_0 \neq \delta_0$	$z = \frac{\bar{x} - \bar{y} - \delta_0}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$	$ z \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$	(Ec. 19)
$H_0: \mu_0 - \mu_0 = \delta_0$ $H_A: \mu_0 - \mu_0 < \delta_0$		$z \leq -z_{\alpha}$	(Ec. 20)
$H_0: \mu_0 - \mu_0 = \delta_0$ $H_A: \mu_0 - \mu_0 > \delta_0$		$z \geq z_{\alpha}$	(Ec. 21)

Pruebas de hipótesis para la diferencia de medias de dos poblaciones normales independientes con varianzas desconocidas e iguales:

Hipótesis	Estadístico de prueba	Región crítica	
$H_0: \mu_0 - \mu_0 = \delta_0$ $H_A: \mu_0 - \mu_0 \neq \delta_0$	$z = \frac{\bar{x} - \bar{y} - \delta_0}{\sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$	$ t \geq t_{n_1+n_2-2, \frac{\alpha}{2}}$	(Ec. 22)
$H_0: \mu_0 - \mu_0 = \delta_0$ $H_A: \mu_0 - \mu_0 < \delta_0$		$t \leq -t_{n_1+n_2-2, \alpha}$	(Ec. 23)
$H_0: \mu_0 - \mu_0 = \delta_0$ $H_A: \mu_0 - \mu_0 > \delta_0$		$t \geq t_{n_1+n_2-2, \alpha}$	(Ec. 24)

Pruebas de hipótesis para la diferencia de medias de dos poblaciones normales independientes con varianzas desconocidas y distintas:

Hipótesis	Estadístico de prueba	Región crítica	
$H_0: \mu_0 - \mu_0 = \delta_0$ $H_A: \mu_0 - \mu_0 \neq \delta_0$	$t = \frac{\bar{x} - \bar{y} - \delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$ $v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2 \frac{1}{n_1 + 1} + \left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2 \frac{1}{n_2 + 1}} - 2$	$ t \geq t_{v, \frac{\alpha}{2}}$	(Ec. 25)
$H_0: \mu_0 - \mu_0 = \delta_0$ $H_A: \mu_0 - \mu_0 < \delta_0$		$t \leq -t_{v, \alpha}$	(Ec. 26)
$H_0: \mu_0 - \mu_0 = \delta_0$ $H_A: \mu_0 - \mu_0 > \delta_0$		$t \geq t_{v, \alpha}$	(Ec. 27)

Prueba de Hipótesis sobre la homogeneidad de varianzas:

Hipótesis	Estadístico de prueba	Región crítica	
$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ $H_A: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$	$\mathcal{F} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$	$\mathcal{F} \leq \mathcal{F}_{n_1-1, n_2-1, \frac{\alpha}{2}}$ ó $\mathcal{F} \geq \mathcal{F}_{n_1-1, n_2-1, 1-\frac{\alpha}{2}}$	(Ec. 28)
$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ $H_A: \sigma_1^2 < \sigma_2^2$		$\mathcal{F} \leq \mathcal{F}_{n_1-1, n_2-1, \alpha}$	(Ec. 29)
$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ $H_A: \sigma_1^2 > \sigma_2^2$		$\mathcal{F} \geq \mathcal{F}_{n_1-1, n_2-1, 1-\alpha}$	(Ec. 30)

Intervalos de confianza

De acuerdo con Webster (2000), a partir de las distintas medias que se calcularán, a partir de los datos y las desagregaciones que permita la base de datos original, se podrán construir intervalos de confianza para la media poblacional (en este caso, de muestras grandes) para cada una de ellas y también para la diferencia de medias.

Los intervalos de confianza sirven como un parámetro para la aceptación de un resultado numérico, ya que si no está en el intervalo de confianza se rechaza

tal resultado. Esto es equivalente a las pruebas de hipótesis desde el punto de vista de la estadística inferencial, a través del siguiente teorema:

Teorema: Para cada realización de un valor muestral sea $A(\theta)$ la función de decisión que acepta a un nivel α la hipótesis nula $H_0: \theta = \theta_0$ y para cada punto de la muestra sea $S(x)$ el conjunto de valores tal que

$$S(x) = \{\theta: x \in A(\theta), \theta \in \Omega\}$$

Entonces $S(x)$ es una familia de conjuntos de confianza (valores aceptables) para θ a un nivel de confianza de $1 - \alpha$. Cuya prueba puede verse en Lehmann (2005).

Para el caso de la media poblacional se utilizará el intervalo de confianza:

$$\mu = \bar{x} \pm z\sigma_{\bar{x}} \quad (\text{Ec. 31})$$

donde $\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sigma}{n}}$

Y para el caso diferencia de medias:

$$\mu_1 - \mu_2 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm z\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} \quad (\text{Ec. 32})$$

Donde,

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \quad (\text{Ec. 33})$$

Pruebas de normalidad

Según lo indicado por Siegel (1956), al evaluar como hipótesis inicial que los datos poseen una distribución normal, es necesario antes de proseguir con cualquier test estadístico con la prueba de normalidad, para tal efecto está la prueba de Kolmogorov – Smirnov, esta prueba nos permitirá saber la

consistencia de los datos para tomarlos como normales o no, esto determinará el camino a seguir en cuanto a las pruebas paramétricas o no paramétricas que se deberán aplicar para investigar las posibles diferencias entre los datos.

La prueba de Kolmogorov – Smirnof se basa en calcular las diferencias entre las frecuencias relativas acumuladas de una distribución teórica dada, que se toma como hipótesis nula que la distribución se comparará con la normal y son iguales, y las frecuencias relativas acumuladas de la muestra que se requiere decidir si se puede considerar normal o no.

En el presente estudio se realizará la versión de la prueba de Kolmogorov – Smirnof (K-S) para una muestra.

La prueba K-S consiste en realizar la siguiente prueba de hipótesis: estandarizar las variables (es decir, restarles la media muestral y dividir entre la desviación estándar a cada dato) y a partir de esta transformación comparar dichos datos con la normal estandarizada (media = 0, y varianza = 1). Luego calcular las diferencias para cada dato con su par “normal” y entonces el estadígrafo de prueba de la prueba K-S es:

$$D_n = \max_x |F_n(x) - F(x)| \quad (\text{Ec. 34})$$

Donde $F = N(0,1)$ y

$F_n = \text{Distribución de frecuencias acumuladas de la muestra.}$

Pruebas de homogeneidad de varianza

La prueba de Fisher consiste en comparar las varianzas entre dos poblaciones y dicho valor se compara con un estadígrafo de la distribución F. Ver detalles de la prueba en el apartado de pruebas de hipótesis sobre la homogeneidad de varianzas.

Análisis paramétrico

Si la población resulta ser normal y de varianzas homogéneas, se podrá entonces hacer pruebas paramétricas tipo ANOVA.

El ANOVA o análisis de varianza por sus siglas en inglés (ANEVA, ANDEVA en español) permitirá decir si todas las medias son iguales (por ejemplo cuando se esté analizando las medias entre áreas, cursos, etc.) con la finalidad de ahorrar esfuerzos, si resultan ser iguales es suficiente con dicho análisis, la deficiencia del método será al encontrar diferencias, ya que el ANOVA no permite decir cuales son exactamente las medias que son distintas. Rao (1965).

En síntesis, un ANOVA consiste en calcular grados de libertad, sumas de cuadrados, cuadrados medios y un estadígrafo de prueba conocido como F, el cual indicará el grado de relación existente entre los tratamientos y el error.

A manera de cuadro sinóptico se tiene que un análisis ANOVA consiste en crear la siguiente tabla con la información pertinente:

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F
Tratamientos	SCT	k-1	$S_1^2 = \text{SCT}/(k-1)$	S_1^2/S_2^2
Error	SCE	k(n-1)	$S_2^2 = \text{SCE}/(k(n-1))$	
Total	STC	kn-1		

Fuente: elaboración propia.

Donde se aplican k tratamientos a una muestra de n elementos.

SCT = Suma de cuadrados de los tratamientos

SCE = Suma de cuadrados del error

STC = Suma total de cuadrados

En el caso de una regresión la variación de los tratamientos se convierte en la variación de la regresión y $k=1$. Esto es conocido también como ANOVA en una vía (One Way ANOVA).

Análisis no paramétrico

De obtener resultados negativos para la normalidad con la prueba K-S, entonces se procederá analizar posibles diferencias, a través de pruebas no paramétricas.

Además, una vez que se tengan las varianzas de las muestras independientes, el test de Fisher o bien la prueba de Levene, para la homogeneidad de varianzas se hace necesario para el análisis ulterior que dependerá, por ejemplo, si las varianzas son iguales (estadísticamente) entonces se pueden utilizar pruebas como la de Tukey o, (si son estadísticamente distintas) entonces se utiliza una Games-Howell para refinar las posibles diferencias estadísticas entre grupos.

La prueba de Tukey se basa en la distribución del rango estudentizado e implica encontrar una diferencia significativa entre las medias de los valores de cada muestra, a través de un estadígrafo teórico que depende del nivel de confianza α , del número de diferencias que se toma de la muestra y el tamaño de la población que da los grados de libertad para la varianza muestral. Nótese que para aplicar Tukey es necesario que ambas muestras tengan la misma población y que el estadígrafo indicará cuáles diferencias de submuestras hay dentro de toda la población. Walpole (2012).

Por otra parte, para la prueba de Games-Howell al no tener varianzas homogéneas, es de utilidad, con la diferencia sustancial de que en este caso se

debe de calcular los grados de libertad para la varianza en función de ambas muestras y varianzas muestrales que se estén comparando. Varios autores consiguen que la prueba de Games-Howell es la más adecuada cuando no se asume la igualdad de las varianzas y el diseño es no ortogonal (grupos desequilibrados). Frías-Navarro (2011).

Análisis de correlación

En ciertas ocasiones se hace necesario un análisis de correlación para ver la relación existente entre dos variables. En el presente estudio se considerará una posible relación a priori del avance académico en función del año de ingreso, así como por género y por carrera, luego, se deberá realizar un análisis de correlación entre dichas variables.

Para realizar un análisis de correlación se debe calcular el estadígrafo r de Pearson, el cual se define como:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (\text{Ec. 35})$$

En inferencia paramétrica el coeficiente de Pearson (r) posee una relevancia particular para una distribución normal bivariada donde dicho coeficiente es un estimador apropiado para la correlación de la población. De hecho, si resulta que el coeficiente de correlación es cero ($\rho = 0$) esto implica que las variables que se contrastan resultan independientes y esto es confirmado por el hecho de que r estará cercano a cero. Es decir, en otras palabras, que el coeficiente de Pearson es el resultado de una prueba de hipótesis sobre el coeficiente de correlación ρ , donde la hipótesis nula es que dicho coeficiente sea

cero. Una ventaja además, es que en el caso no paramétrico, el coeficiente de Pearson no asume una distribución normal bivariada.

Se utilizará el criterio de Cohen para las correlaciones, el cual es:

Correlación	Rango
Pequeña	0.1 a 0.29
Moderada	0.3 a 0.49
Grande	0.5 a 1.0

Estas serían las correlaciones mínimas a calcular, ya que si existe correlación, luego podrían hacerse pruebas más extensas al respecto. Sprent (2001).

Para el caso de que en lugar de trabajar con los datos, se esté trabajando con los rangos de dichos datos, entonces el coeficiente de Pearson se transforma en el coeficiente de Spearman usualmente denotado por ρ , luego para evitar confusiones con el coeficiente de correlación, lo denotaremos por ρ_s y su formulación sería entonces:

$$\rho_s = \frac{\sum_{i=1}^n [(r_i - \bar{r})(s_i - \bar{s})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2 \sum_{i=1}^n (s_i - \bar{s})^2}} \quad (\text{Ec. 36})$$

Análisis de regresión

Como se mencionó en el epígrafe anterior, se hará una investigación sobre posibles correlaciones y un modelo de regresión entre las variables que resulten con una buena correlación.

Un análisis simple de regresión conlleva a la creación de un modelo lineal entre una variable independiente (como predictor) y una dependiente (o de respuesta). La axiomática de un modelo de regresión lineal es la siguiente:

A1: El modelo de regresión lineal es:

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + e_i \quad (\text{Ec. 37})$$

con $i=1, \dots, n$. En este caso α representa el intercepto y β representa la pendiente de la recta de regresión lineal.

A2: Las variables aleatorias asociadas al error (e_i) se consideran tales que tienen media igual a cero, es decir, $E(e_i)=0$.

Para la estimación de los parámetros de la recta de regresión se puede utilizar la prueba de Theil o bien su equivalente más usado, la prueba de Kendall.

Para la prueba de Kendall se debe calcular en primer lugar los valores de los estadígrafos Q de la siguiente manera para cada par de la forma $Q((X_i, Y_i), (X_j, Y_j))$:

$$Q((a, b), (c, d)) = \begin{cases} 1, & (d - b)(c - a) > 0 \\ 0, & (d - b)(c - a) < 0 \end{cases} \quad (\text{Ec. 38})$$

Luego, el estadígrafo de Kendall es:

$$K = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n Q \left((X_i, Y_i), (X_j, Y_j) \right) \quad (\text{Ec. 39})$$

Dicho estadígrafo debe ser comparado con un estadígrafo teórico de la distribución de Kendall para aceptar o rechazar la hipótesis nula asociada a este caso que es $H_0: F_{X,Y}(x,y)=F_X(x)F_Y(y)$ para todos los pares (x,y) . Nótese que esta forma de expresar la hipótesis nula es equivalente a la expresión usual del estadígrafo τ , lo cual conlleva a la comparación con el estadígrafo teórico k_α . Hollander (1999).

Una manera simplificada para el caso de muestras largas es calcular una versión estandarizada del estadígrafo de Kendall como:

$$K^* = \frac{K}{\{n(n-1)(2n+5)/18\}^{1/2}} \quad (\text{Ec. 40})$$

De donde, la regla de decisión ahora al ser un estadígrafo estandarizado, se comparará con el estadígrafo de la normal $N(0,1)$ usual (z_α). En ambos casos también se pueden considerar empates asociando cero a los pares donde sean iguales X y Y . y nótese que a partir de la hipótesis nula no hay ninguna restricción para hacer una prueba de hipótesis a una cola o a dos colas. El análisis es el mismo, sólo cambia la expresión del estadígrafo teórico de comparación por el cambio obvio del nivel de significación. Otra vía de análisis para la regresión es a través del análisis de varianza ANOVA que ya se discutió anteriormente.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A manera de mostrar la forma de cálculo considérese la siguiente concatenación de tablas: en primer lugar, se obtiene la población total a estudiar (en este caso la cantidad de asignaciones a cursos administrados por la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería).

Tabla I. **Total de asignaciones de cursos de la Escuela de Ciencias**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	32,842	23,395	12,147	8,167	4,779	2,859	84,189
2010	11,735	10,315	6,356	4,094	2,552	1,478	36,530
2011		15,313	12,011	8,804	5,307	3,112	44,547
2012			12,559	13,308	8,572	4,792	39,231
2013				13,118	12,785	8,472	34,375
2014					10,435	9,802	20,237
2015						13,340	13,340
Total	44,577	49,023	43,073	47,491	44,430	43,855	272,449

Fuente: elaboración propia.

Una observación importante: se está tomando como cohorte 2009 a todos los estudiantes que pertenecen a la cohorte 2009 y el resto de cohortes anteriores.

Del total de 272,449 asignaciones realizadas por los estudiantes, para el estudio se hace necesario tomar en cuenta sólo aquellas que aprobaron los estudiantes, ya que sólo los que aprueban obtienen los créditos académicos.

Tabla II. **Asignaciones de cursos aprobados**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	14,170	8,889	5,388	3,562	1,990	1,138	35,137
2010	5,934	5,010	3,030	1,792	1,102	595	17,463
2011		7,199	6,332	3,923	2,248	1,241	20,943
2012			6,744	7,070	4,095	1,916	19,825
2013				6,804	6,832	3,802	17,438
2014					5,617	5,220	10,837
2015						7,170	7,170
Total	20,104	21,098	21,494	23,151	21,884	21,082	128,813

Fuente: elaboración propia.

Para obtener el avance académico real de la población descrita en la tabla anterior es claro que se debe tener los créditos obtenidos y asignados para calcular dicho avance. Entonces se tiene que:

Tabla III. **Total de créditos asignados**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	167,143	115,956	57,407	38,228	23,041	13,725	415,500
2010	51,248	53,206	32,821	20,239	12,593	7,150	177,257
2011		68,180	62,216	44,774	26,631	15,136	216,937
2012			57,310	67,437	43,136	23,776	191,659
2013				59,315	65,796	43,259	168,370
2014					46,841	50,995	97,836
2015						60,424	60,424
Total	218,391	237,342	209,754	229,993	218,038	214,465	1,327,983

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, se hace el recuento de créditos de los alumnos que aprobaron, obteniendo los resultados que se muestran a continuación.

Tabla IV. **Total de créditos obtenidos**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	69,811	42,580	23,762	15,351	9,205	5,054	165,763
2010	25,467	24,824	14,809	8,204	5,116	2,665	81,085
2011		31,476	30,808	18,723	10,761	5,637	97,405
2012			29,724	33,967	19,663	8,760	92,114
2013				29,038	33,541	18,508	81,087
2014					24,119	25,930	50,049
2015						30,184	30,184
Total	95,278	98,880	99,103	105,283	102,405	96,738	597,687

Fuente: elaboración propia.

Por ello, el índice avance académico real se calcula directamente del cociente de los datos incluidos en la tabla de Créditos Obtenidos entre la información de la tabla de Créditos Asignados, expresado como porcentaje.

Tabla V. **Avance académico por cohorte**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	41.77 %	36.72 %	41.39 %	40.16 %	39.95 %	36.82 %	39.89 %
2010	49.69 %	46.66 %	45.12 %	40.54 %	40.63 %	37.27 %	45.74 %
2011		46.17 %	49.52 %	41.82 %	40.41 %	37.24 %	44.90 %
2012			51.87 %	50.37 %	45.58 %	36.84 %	48.06 %
2013				48.96 %	50.98 %	42.78 %	48.16 %
2014					51.49 %	50.85 %	51.16 %
2015						49.95 %	49.95 %
Total	43.63 %	41.66 %	47.25 %	45.78 %	46.97 %	45.11 %	45.01 %

Fuente: elaboración propia.

Nótese que los totales por fila representan entonces los indicadores de avance académico real por cada una de las cohortes, mientras que los totales por columna representan los indicadores de avance académico real por año de asignación.

A partir de la tabla anterior, se tienen los indicadores por cohorte, año de asignación y el general que en el presente caso sería de 45.01 % de avance académico real en promedio para toda la población asignada en los cursos que administra la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería durante el período del año 2010 al año 2015.

Dicho avance académico real cabe señalar que es el índice de avance académico real de la Escuela de Ciencias, es pertinente subrayar, debido al índice anterior, se está deduciendo con los pesos específicos que inducen las cohortes y los años de asignación de la base de datos de asignados durante el período de investigación ya mencionado.

3.1. Análisis de regresión de créditos académicos y año de ingreso

A partir de los índices anteriores, se puede realizar un análisis de regresión para describir el comportamiento del avance académico real, tomando en cuenta el año de ingreso que no es más que la cohorte a la que pertenecen los estudiantes.

En primer lugar, nótese que para dar un índice general se debe tomar en cuenta el período estudiado, por lo que por ejemplo del cuadro anterior, se toma en cuenta únicamente la última columna, reduce la información a la siguiente tabla.

Tabla VI. **Avance académico por cohorte durante el período 2010 – 2015**

Cohorte	Índice de avance
2009	39.89 %
2010	45.74 %
2011	44.90 %
2012	48.06 %
2013	48.16 %
2014	51.16 %
2015	49.95 %

Fuente: elaboración propia.

Entonces, se consideró una regresión lineal, aparentemente las cohortes tienen un mejor avance académico con el pasar del tiempo, esto claro que, queda delimitado para el período del estudio. La primera pregunta obvia que resulta del análisis es: ¿las cohortes de ingreso reciente avanzan de mejor manera que las cohortes más antiguas?, por lo cual el modelo lineal se considera adecuado para analizar dicho fenómeno y contestar la pregunta.

El modelo que resulta de la regresión lineal es:

$$\text{Avance académico} = 1.5814 (\text{Cohorte}) - 3134.9971$$

Con las siguientes características: $R^2 = 0.8537$, error típico = 1.7214, $F = 23.6323$, valor crítico de $F = 0.0046$. coeficiente de correlación de Pearson = 0.908.

Por lo anterior, se considera un buen modelo, el valor de R^2 se considera alto, indica que el 85.37 % del fenómeno “avance académico” está explicado a través de la variable “cohorte”. Además, nótese que el valor F hallado es mayor que el valor crítico de F (valor teórico), por lo que se comprueba nuevamente que la variación de los niveles de las variables involucradas tienen un efecto

significativo y están directamente relacionadas (linealmente) entre sí en un 90.8 % (por el coeficiente de correlación de Pearson).

3.2. Avance académico por área, carrera y género

Se considera ahora los primeros desgloses de la base de datos del presente estudio, se clasificó los cursos de la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería en 8 áreas, 10 carreras y ambos géneros como ya se había indicado anteriormente.

Las áreas están comprendidas por los siguientes cursos:

Tabla VII. **Distribución de cursos por área**

Área	Cursos
Matemática	MB1, MB2, MI1, MI2, MI3, MA1, MA2, MA3, MA4, MA5, MC1, MC2.
Física	FB, F1, F2, F3, F4, MECAN1, MECAN2, AM
Estadística	E1, E2, E3, AP
Química	QG1, Q2
Social Humanística	SH1, SH2, LO, FC, EP
Técnica Complementaria	TC1, TC2
Idioma Técnico	IT1, IT2, IT3, IT4
Deportes	D1, D2

Fuente: elaboración propia.

La clasificación anterior por área es la usual, según los tipos de cursos que son administrados por la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería.

Se debe hacer la observación de los pesos específicos más altos de las áreas corresponden a las áreas de Matemática y Física (con 12 y 8 cursos respectivamente), mientras que los pesos menores son las áreas de Química, Técnica Complementaria y Deportes (cada una con dos cursos).

En resumen se tiene los totales por curso para cada una de las áreas como sigue: Matemática 12, Física 8, Estadística 4, Química 2, Social Humanística 5, Técnica Complementaria 2, Idioma Técnico 4 y finalmente Deportes con 2.

En cuanto a pesos, lo anterior se traduce entonces a: Matemática 31 %, Física 21 %, Estadística 10 %, Química 5 %, Social Humanística 13 %, Técnica Complementaria 5 %, Idioma Técnico 10 % y finalmente Deporte con 5 % respecto al total de cursos de la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería.

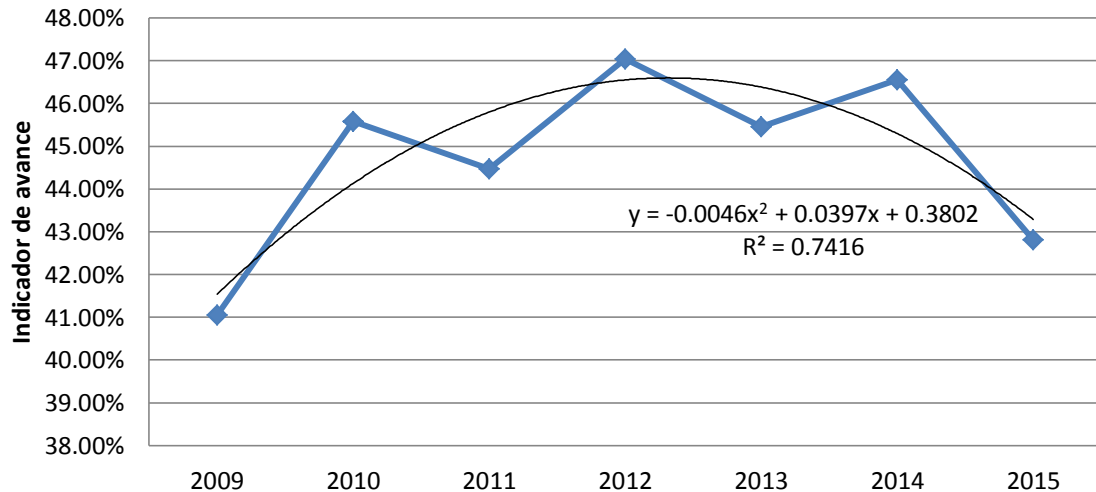
A continuación se presentan los resultados para cada una de las áreas, así como también una gráfica que muestra su tendencia:

Tabla VIII. Avance académico en el área de Matemática

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	45.08 %	37.56 %	40.93 %	34.27 %	38.56 %	32.78 %	41.06 %
2010	47.12 %	47.71 %	45.63 %	40.82 %	38.30 %	33.28 %	45.58 %
2011		42.07 %	50.94 %	42.12 %	41.94 %	34.64 %	44.47 %
2012			48.26 %	48.93 %	47.25 %	35.13 %	47.04 %
2013				42.42 %	49.15 %	44.25 %	45.46 %
2014					43.53 %	49.47 %	46.56 %
2015						42.81 %	42.81 %
Total	45.61 %	41.62 %	47.33 %	43.39 %	45.37 %	43.17 %	44.35 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Avance académico por cohorte, en el área de Matemática



Fuente: elaboración propia.

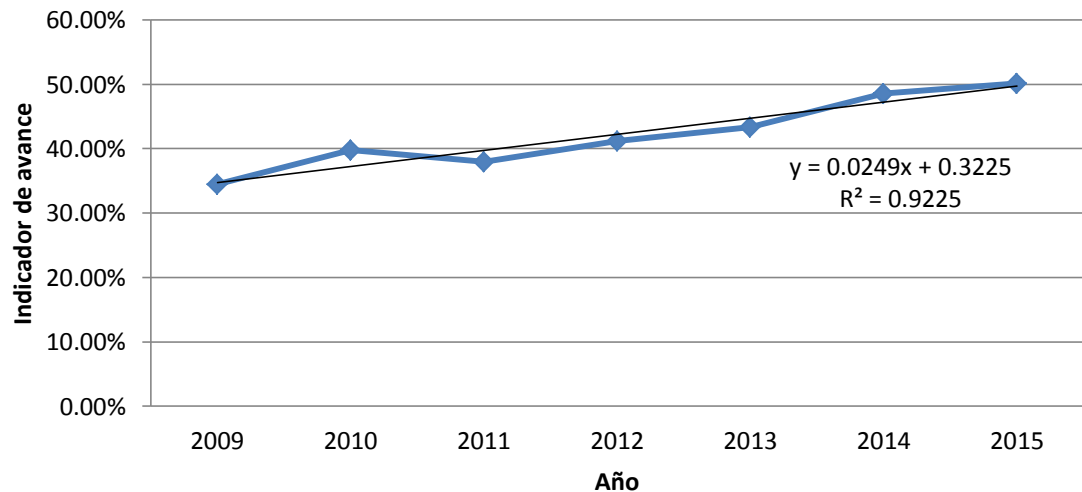
Nótese que la tendencia en este caso es una cuadrática negativa con $R^2=0.7416$, dicha tendencia únicamente dice que es esperado un avance académico más bajo para las próximas cohortes en el área de Matemática. Cabe mencionar que el modelo lineal en ese caso sería de $R^2=0.08$, por lo que se buscó regresión polinomial.

Tabla IX. Avance académico en el área de Física

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	34.34 %	34.02 %	34.81 %	36.45 %	36.41 %	30.73 %	34.52 %
2010	50.58 %	43.35 %	37.54 %	33.85 %	37.77 %	34.06 %	39.78 %
2011		48.07 %	38.42 %	37.18 %	36.40 %	32.56 %	37.96 %
2012			42.16 %	46.00 %	40.37 %	32.60 %	41.20 %
2013				52.98 %	46.10 %	36.85 %	43.34 %
2014					50.66 %	47.86 %	48.56 %
2015						50.13 %	50.13 %
Total	35.53 %	37.48 %	37.29 %	40.55 %	41.22 %	38.89 %	38.53 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Avance académico por cohorte, en el área de Física



Fuente: elaboración propia.

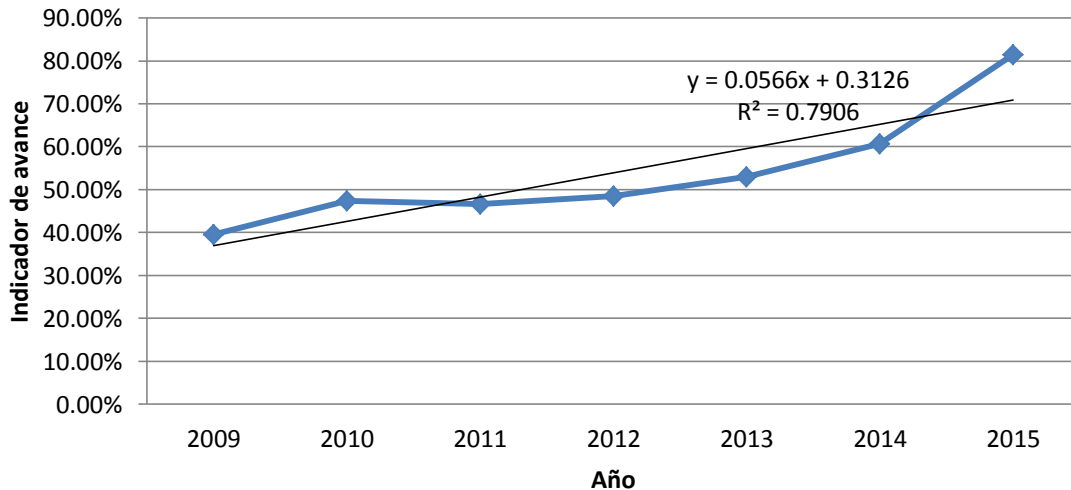
En el presente caso es bastante obvia la tendencia lineal positiva, por lo que se esperaría que las próximas cohortes tengan un mejor avance académico en el área de Física, en el presente caso se obtuvo un $R^2=0.9225$.

Tabla X. Avance académico en el área de Estadística

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	41.50 %	36.30 %	40.92 %	40.29 %	39.48 %	40.15 %	39.59 %
2010	44.44 %	52.81 %	53.65 %	40.42 %	38.52 %	37.61 %	47.39 %
2011		44.83 %	60.02 %	43.40 %	37.92 %	41.04 %	46.70 %
2012			93.02 %	58.60 %	44.28 %	36.16 %	48.56 %
2013				90.32 %	63.70 %	40.72 %	52.94 %
2014					100.00 %	58.85 %	60.70 %
2015						81.48 %	81.48 %
Total	41.51 %	38.93 %	48.69 %	46.18 %	46.94 %	43.63 %	44.13 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Avance académico por cohorte, en el área de Estadística



Fuente: elaboración propia.

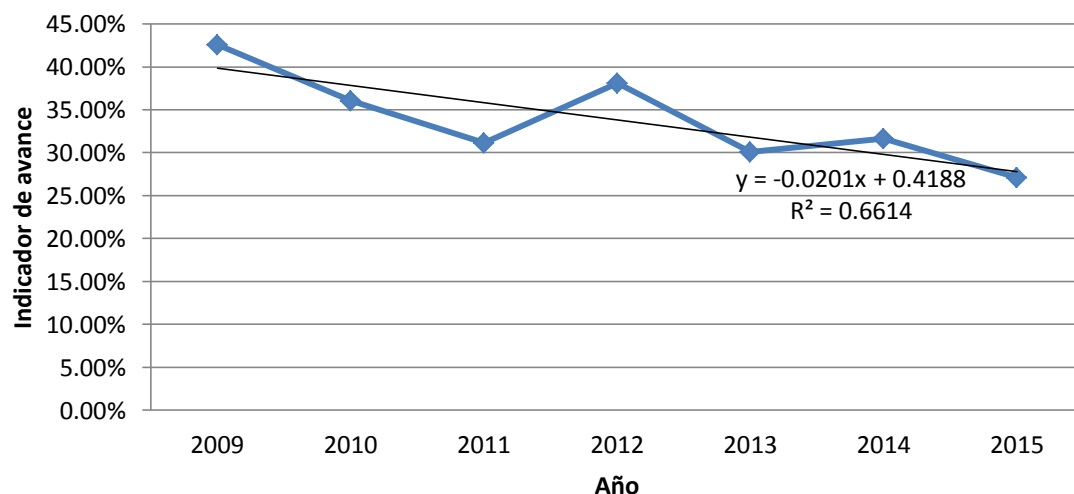
En el presente caso puede observarse que la tendencia es hacia mejorar el avance académico en el área de Estadística, para las próximas cohortes, con una tendencia lineal y un $R^2=0.7906$.

Tabla XI. Avance académico en el área de Química

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	40.82 %	37.97 %	53.90 %	37.61 %	55.37 %	52.31 %	42.59 %
2010	34.66 %	34.89 %	57.73 %	22.41 %	59.40 %	39.47 %	36.07 %
2011		26.09 %	50.79 %	24.69 %	44.86 %	39.02 %	31.14 %
2012			40.14 %	32.27 %	45.05 %	38.10 %	38.13 %
2013				25.46 %	36.55 %	40.00 %	30.07 %
2014					30.26 %	34.80 %	31.64 %
2015						27.11 %	27.11 %
Total	36.95 %	29.50 %	45.15 %	28.16 %	36.56 %	31.66 %	34.14 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Avance académico por cohorte, en el área de Química



Fuente: elaboración propia.

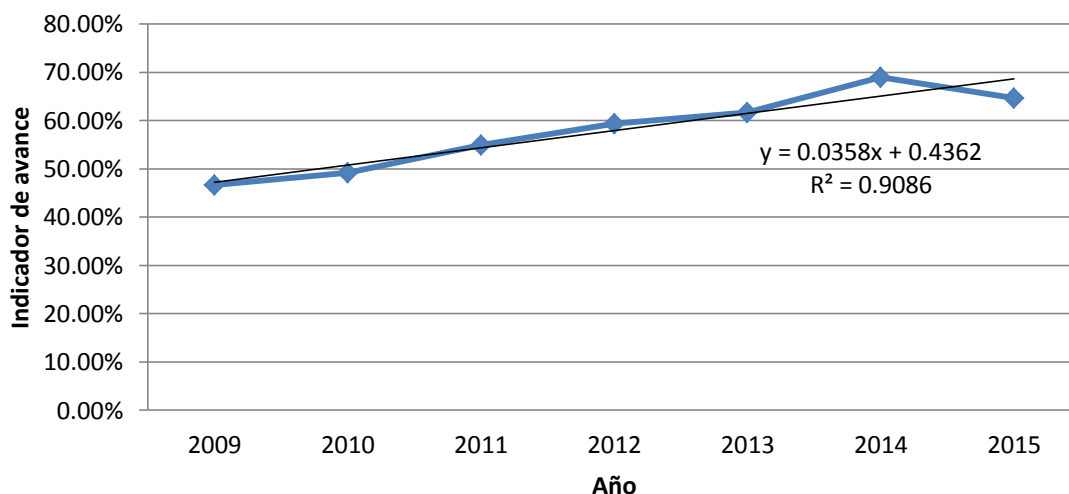
En el presente caso, la tendencia es hacia la baja linealmente con un $R^2=0.6614$ con lo cual se esperaría una baja en el avance académico en el área de Química, para las próximas cohortes.

Tabla XII. Avance académico en el área de Social Humanística

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	44.85 %	36.13 %	56.23 %	57.86 %	51.12 %	57.99 %	46.67 %
2010	48.76 %	42.69 %	55.40 %	60.13 %	60.63 %	60.69 %	49.20 %
2011		53.58 %	60.03 %	51.81 %	51.78 %	59.27 %	54.99 %
2012			57.11 %	62.02 %	57.63 %	65.20 %	59.33 %
2013				59.73 %	64.21 %	62.28 %	61.70 %
2014					73.40 %	62.41 %	68.94 %
2015						64.66 %	64.66 %
Total	46.62 %	46.30 %	57.46 %	59.37 %	64.29 %	63.09 %	55.56 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Avance académico por cohorte, en el área de Social Humanística



Fuente: elaboración propia.

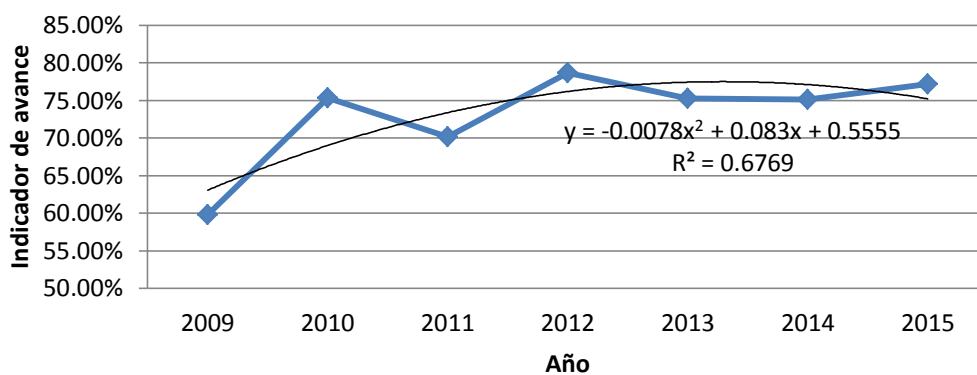
En el presente caso, la tendencia es hacia la alza linealmente con un $R^2=0.9086$ con lo cual se esperaría una subida casi segura en el avance académico, en el área de Social Humanística, para las próximas cohortes.

Tabla XIII. Avance académico en el área de Técnica Complementaria

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	58.80 %	53.65 %	63.25 %	65.17 %	66.18 %	62.50 %	59.82 %
2010	77.18 %	62.88 %	68.09 %	64.86 %	78.57 %	66.67 %	75.32 %
2011		70.58 %	70.09 %	59.02 %	71.43 %	64.00 %	70.14 %
2012			80.43 %	57.14 %	88.10 %	73.91 %	78.65 %
2013				75.88 %	73.04 %	58.82 %	75.25 %
2014					76.17 %	61.39 %	75.12 %
2015						77.17 %	77.17 %
Total	74.23 %	68.59 %	78.38 %	73.45 %	75.79 %	75.21 %	74.06 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Avance académico por cohorte, en el área de Técnica Complementaria



Fuente: elaboración propia.

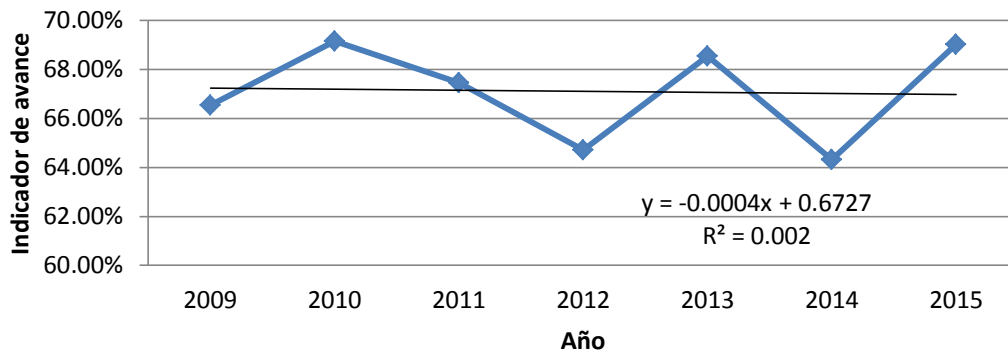
En el presente caso, la tendencia es hacia la baja cuadráticamente con un $R^2=0.6769$ con lo cual se esperaría una baja en el avance académico en el área de Técnica Complementaria para las próximas cohortes. En este caso, la tendencia lineal tenía un $R^2=0.46$, por lo que se tomó la regresión polinomial.

Tabla XIV. Avance académico en el área de Idioma Técnico

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	73.47 %	58.86 %	66.47 %	72.91 %	55.88 %	56.25 %	66.54 %
2010	77.42 %	67.34 %	61.99 %	72.44 %	61.54 %	57.86 %	69.16 %
2011		70.02 %	70.11 %	71.16 %	59.95 %	55.74 %	67.46 %
2012			69.99 %	70.82 %	56.22 %	53.88 %	64.71 %
2013				81.72 %	67.26 %	50.10 %	68.54 %
2014					68.01 %	59.43 %	64.32 %
2015						69.02 %	69.02 %
Total	74.66 %	63.62 %	67.66 %	73.78 %	62.97 %	59.47 %	66.92 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Avance académico por cohorte, en el área de Idioma Técnico



Fuente: elaboración propia.

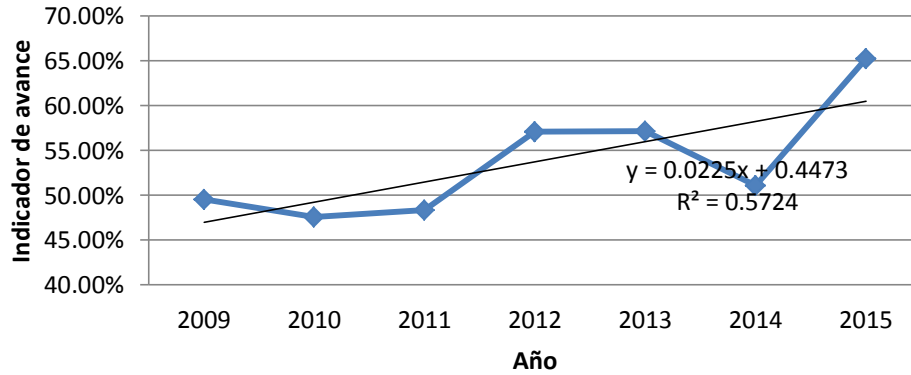
En el presente caso, la tendencia es oscilante, nótese que la regresión lineal da un $R^2=0.002$ con lo cual no podría hacerse una proyección del avance académico, en el área de Idioma Técnico para las próximas cohortes. Parece ser cíclico, esto conllevaría a un análisis de serie tipo Fourier, que se sale del contexto del presente estudio.

Tabla XV. Avance académico en el área de Deportes

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	51.03 %	42.44 %	60.45 %	48.91 %	47.46 %	53.85 %	49.55 %
2010	41.77 %	55.33 %	75.49 %	64.06 %	56.25 %	64.71 %	47.57 %
2011		37.10 %	79.81 %	70.88 %	62.50 %	55.56 %	48.35 %
2012			49.47 %	74.39 %	69.43 %	63.41 %	57.11 %
2013				53.87 %	70.72 %	57.95 %	57.16 %
2014					45.35 %	76.15 %	51.09 %
2015						65.26 %	65.26 %
Total	45.16 %	40.77 %	57.59 %	59.18 %	53.44 %	65.92 %	53.48 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Avance académico por cohorte, en el área de Deportes**



Fuente: elaboración propia.

En el presente caso, la tendencia es hacia el alza linealmente con un $R^2=0.5724$ con lo cual se esperaría una subida en el avance académico, en el área de Deportes para las próximas cohortes.

A partir de los resultados anteriores, se realizó la siguiente tabla resumen que agrupa a todas las áreas tomando en cuenta su avance académico total durante todo el período de estudio.

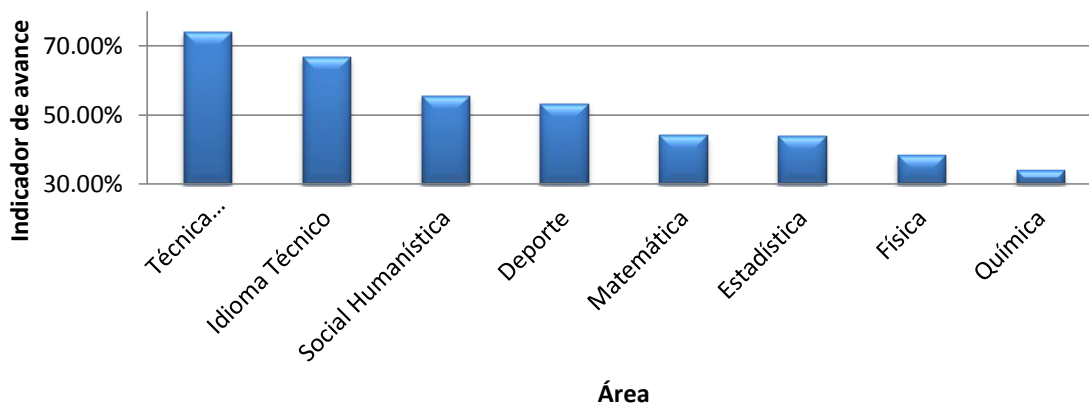
Tabla XVI. **Avance académico por área**

Área	% de Avance Académico
Técnica Complementaria	74.06 %
Idioma Técnico	66.92 %
Social Humanística	55.56 %
Deportes	53.48 %
Matemática	44.35 %
Estadística	44.13 %
Física	38.53 %
Química	34.14 %

Fuente: elaboración propia.

En la figura siguiente, el comportamiento descendente del avance académico por área de la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería. Nótese que el área con mayor avance académico es la de Técnica Complementaria mientras que la de menor avance es la de Química.

Figura 10. Avance académico por área



Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos anteriores y por ser variables categóricas, se realizó un análisis de normalidad a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, también se verifica la homogeneidad de varianzas vía la prueba F de Fisher.

Los resultados indican que existe normalidad en los datos, porque se obtiene una significación asintótica bilateral de 0.20 (mayor que 0.05), por lo que se acepta que los datos son normales.

Para la prueba F de Fisher, el resultado es que no son varianzas homogéneas, por lo que la prueba para verificar diferencias entre las áreas se realizaron por la prueba de Games-Howell (se obtuvo una significación de 0.00, a

través del estadígrafo de Levene), ya que no se puede utilizar la prueba de Tukey.

En resumen, los datos resultaron normales, más no con varianzas homogéneas, las diferencias se trataron vía la prueba de Games-Howell y los resultados del análisis de diferencias entre grupos se presentan a continuación.

Tabla XVII. Grupos homogéneos entre áreas

Área	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Química	34.14 %			
Física	38.53 %			
Estadística	44.13 %			
Matemática		44.35 %		
Deportes		53.48 %	53.48 %	
Social Humanística		55.56 %	55.56 %	
Idioma Técnico			66.92 %	66.92 %
Técnica Complementaria				74.06 %

Fuente: SPSS v. 23

La tabla anterior se interpreta como sigue: las áreas que pertenecen a un mismo grupo no presentan diferencias entre sí, sin embargo, pueden haber agrupaciones distintas por áreas como en el presente caso que, por ejemplo, las áreas de Social Humanística y Deportes pertenecen a dos grupos homogéneos al mismo tiempo (grupo 2 y grupo 3).

El siguiente desglose realizado fue por carrera de ingeniería. Los resultados se presentan por separado para cada una de ellas.

Tabla XVIII. **Avance académico Ingeniería Ambiental**

Cohorte / Año Asig.	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	49.17 %	33.94 %	47.84 %	41.89 %	37.44 %	22.88 %	43.12 %
2010	50.47 %	50.00 %	32.45 %	43.87 %	31.02 %	45.56 %	43.86 %
2011			51.67 %	35.78 %	33.21 %	47.62 %	42.28 %
2012			53.65 %	43.85 %	30.18 %	35.66 %	42.61 %
2013				44.31 %	43.97 %	35.00 %	42.70 %
2014					41.57 %	50.09 %	45.77 %
2015						51.13 %	51.13 %
Total	49.68 %	43.06 %	46.12 %	42.27 %	37.57 %	45.01 %	43.76 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Avance académico Ingeniería Civil**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	41.60 %	38.57 %	44.43 %	45.31 %	41.65 %	35.08 %	41.22 %
2010	49.28 %	44.67 %	42.66 %	39.58 %	39.55 %	39.62 %	44.33 %
2011		46.08 %	49.29 %	40.63 %	44.14 %	40.23 %	45.25 %
2012			50.32 %	47.32 %	41.66 %	36.35 %	45.53 %
2013				50.02 %	50.18 %	39.82 %	47.57 %
2014					53.38 %	48.44 %	50.89 %
2015						49.42 %	49.42 %
Total	43.33 %	42.07 %	47.10 %	45.40 %	46.64 %	43.32 %	44.56 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Avance académico Ingeniería Eléctrica**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	42.31 %	36.59 %	44.60 %	42.99 %	39.49 %	34.29 %	40.63 %
2010	49.38 %	50.71 %	47.59 %	42.14 %	46.73 %	32.49 %	46.62 %
2011		47.43 %	47.59 %	46.18 %	38.09 %	39.96 %	44.99 %
2012			53.56 %	54.08 %	50.33 %	38.44 %	50.69 %
2013				43.33 %	52.37 %	46.22 %	47.63 %
2014					46.26 %	54.96 %	50.89 %
2015						53.33 %	53.33 %
Total	43.64 %	41.94 %	48.05 %	46.48 %	47.09 %	46.30 %	45.64 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Avance académico Ingeniería Electrónica**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	43.70 %	36.69 %	41.66 %	39.33 %	38.72 %	36.21 %	40.63 %
2010	53.66 %	50.33 %	49.07 %	44.14 %	34.11 %	32.63 %	48.80 %
2011		45.28 %	56.06 %	46.68 %	37.36 %	32.81 %	46.97 %
2012			54.45 %	49.12 %	49.64 %	36.74 %	49.33 %
2013				48.73 %	51.44 %	46.89 %	49.26 %
2014					56.71 %	60.11 %	58.51 %
2015						50.29 %	50.29 %
Total	46.00 %	42.40 %	50.82 %	46.47 %	48.61 %	48.00 %	46.99 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Avance académico Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	39.48 %	33.20 %	36.43 %	33.53 %	36.15 %	33.24 %	36.50 %
2010	49.21 %	43.69 %	40.69 %	33.12 %	36.67 %	30.30 %	43.20 %
2011		46.60 %	45.47 %	36.91 %	37.17 %	33.21 %	42.82 %
2012			51.27 %	48.27 %	43.16 %	31.18 %	46.66 %
2013				49.74 %	48.72 %	39.31 %	46.88 %
2014					52.29 %	46.60 %	49.49 %
2015						51.63 %	51.63 %
Total	42.14 %	40.15 %	44.56 %	43.51 %	45.92 %	43.73 %	43.26 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Avance académico Ingeniería Industrial

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	41.52 %	37.24 %	41.92 %	40.28 %	40.34 %	39.29 %	40.11 %
2010	44.46 %	47.87 %	46.22 %	40.99 %	41.27 %	36.55 %	44.84 %
2011		44.01 %	49.70 %	44.06 %	41.44 %	38.22 %	44.74 %
2012			50.87 %	49.39 %	45.73 %	36.94 %	47.26 %
2013				46.16 %	53.55 %	42.09 %	48.01 %
2014					45.90 %	49.34 %	47.76 %
2015						44.67 %	44.67 %
Total	42.09 %	41.00 %	46.92 %	45.01 %	46.39 %	42.96 %	44.01 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Avance académico Ingeniería Mecánica

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	38.67 %	39.75 %	42.06 %	43.79 %	46.63 %	42.29 %	40.54 %
2010	46.19 %	46.64 %	44.27 %	41.08 %	43.24 %	37.83 %	44.21 %
2011		45.56 %	55.07 %	43.69 %	38.67 %	41.73 %	46.24 %
2012			51.87 %	53.19 %	44.55 %	36.02 %	47.84 %
2013				42.93 %	52.33 %	44.57 %	47.37 %
2014					42.91 %	53.04 %	48.63 %
2015						48.56 %	48.56 %
Total	40.40 %	42.66 %	48.50 %	45.75 %	45.46 %	45.05 %	44.62 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Avance académico Ingeniería Mecánica Eléctrica

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	43.16 %	35.02 %	41.07 %	38.25 %	40.97 %	39.22 %	40.06 %
2010	49.06 %	45.12 %	44.64 %	42.94 %	32.59 %	41.30 %	45.14 %
2011		46.63 %	48.39 %	39.58 %	42.36 %	35.42 %	44.32 %
2012			61.16 %	58.60 %	50.14 %	39.35 %	55.64 %
2013				45.20 %	44.31 %	41.36 %	43.76 %
2014					57.91 %	55.59 %	56.63 %
2015						56.07 %	56.07 %
Total	44.88 %	41.16 %	50.14 %	48.63 %	48.29 %	49.23 %	47.22 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Avance académico Ingeniería Mecánica Industrial

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	43.37 %	38.67 %	41.31 %	36.17 %	42.51 %	36.16 %	40.92 %
2010	49.28 %	49.94 %	51.74 %	45.59 %	45.32 %	48.75 %	49.38 %
2011		45.79 %	49.45 %	42.64 %	37.45 %	35.61 %	44.69 %
2012			47.95 %	53.53 %	46.80 %	37.50 %	48.32 %
2013				46.32 %	54.07 %	47.80 %	49.84 %
2014					45.79 %	52.79 %	49.54 %
2015						42.92 %	42.92 %
Total	44.69 %	43.10 %	47.10 %	46.28 %	47.35 %	44.89 %	45.46 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Avance académico Ingeniería Química

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	45.37 %	36.43 %	40.75 %	42.01 %	37.44 %	44.40 %	41.57 %
2010	60.67 %	48.25 %	51.86 %	47.75 %	47.46 %	46.79 %	52.19 %
2011		51.40 %	53.24 %	44.11 %	43.85 %	33.39 %	48.06 %
2012			52.82 %	53.24 %	48.65 %	45.45 %	51.13 %
2013				58.21 %	52.07 %	46.84 %	52.84 %
2014					56.92 %	52.68 %	54.66 %
2015						57.44 %	57.44 %
Total	49.24 %	43.80 %	49.82 %	51.19 %	50.32 %	50.30 %	49.19 %

Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos, se realizó una tabla resumen de todo el período de estudio para todas las carreras de la Facultad. Los resultados generales son:

Tabla XXVIII. **Avance académico por carrera durante el período 2010 – 2015**

Carrera	Índice de avance
Ambiental	43.76 %
Civil	44.56 %
Eléctrica	45.64 %
Electrónica	46.99 %
Ciencias y Sistemas	43.26 %
Industrial	44.01 %
Mecánica	44.62 %
Mecánica Eléctrica	47.22 %
Mecánica Industrial	45.46 %
Química	49.19 %

Fuente: elaboración propia.

Se realizó el análisis de normalidad y de homogeneidad de varianzas y los resultados mostraron que si son normales con una significación asintótica bilateral de 0.41 (mayor que 0.05) y no existe homogeneidad de varianzas (estadístico de Levene igual a 0.012 menor que 0.05). La prueba de Games-Howell produjo los resultados que se muestran a continuación.

Tabla XXIX. **Grupos homogéneos entre carreras**

Carrera	Grupo 1	Grupo 2
Química	49.19 %	
Mecánica Eléctrica	47.22 %	47.22 %
Electrónica	46.99 %	46.99 %
Eléctrica	45.64 %	45.64 %
Mecánica Industrial	45.46 %	45.46 %
Mecánica	44.62 %	44.62 %
Civil	44.56 %	44.56 %
Industrial	44.01 %	44.01 %
Ambiental	43.76 %	43.76 %
Ciencias y Sistemas		43.26 %

Fuente: SPSS v. 23

La interpretación en este caso es que las únicas carreras que son distintas entre sí son Ciencias y Sistemas y Química, todas las demás carreras pertenecen a ambos grupos.

El desglose siguiente se realizó por género, obteniendo los resultados mostrados en la tabla siguiente.

Tabla XXX. Avance académico género femenino

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	40.69 %	37.12 %	40.53 %	41.77 %	40.85 %	37.48 %	39.70 %
2010	50.20 %	45.01 %	46.56 %	43.17 %	39.61 %	33.55 %	45.74 %
2011		45.86 %	48.54 %	42.53 %	40.26 %	37.28 %	44.52 %
2012			50.96 %	48.85 %	46.08 %	38.60 %	47.48 %
2013				52.94 %	53.00 %	44.87 %	50.88 %
2014					53.56 %	49.56 %	51.41 %
2015						51.65 %	51.65 %
Total	42.85 %	41.62 %	46.94 %	47.14 %	48.41 %	46.16 %	45.59 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. Avance académico género masculino

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	41.98 %	36.65 %	41.55 %	39.87 %	39.79 %	36.70 %	39.93 %
2010	49.60 %	47.00 %	44.83 %	40.03 %	40.82 %	37.92 %	45.75 %
2011		46.23 %	49.73 %	41.65 %	40.44 %	37.23 %	44.98 %
2012			52.07 %	50.72 %	45.47 %	36.41 %	48.20 %
2013				48.11 %	50.52 %	42.32 %	47.56 %
2014					50.97 %	51.20 %	51.09 %
2015						49.52 %	49.52 %
Total	43.78 %	41.67 %	47.31 %	45.49 %	46.64 %	44.85 %	44.88 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Avance académico por género

Género	% de Avance Académico
Femenino	45.59 %
Masculino	44.88 %

Fuente: elaboración propia.

En este caso debe tomarse en cuenta que sólo se contrastan 2 valores posibles por género, luego, el análisis de normalidad resulta positivo vía la prueba de Kolmogórov-Smirnov y las varianzas resultan homogéneas, por lo que procede utilizar la prueba de Tukey, pero al sólo tener dos grupos basta con una prueba T para una muestra, resultando que las diferencias entre los índices de avance por género no son significativas, ya que se obtuvo un nivel de significación bilateral de 0.771 (mayor que 0.005).

3.3. Avance académico en los cursos de etapa básica

La Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería tiene una clasificación interna para los tipos de cursos que se imparten de la siguiente manera:

Cursos de ciencia básica, correspondientes a Matemática, Física, Química y Estadística y cursos complementarios que corresponden a las áreas de Social Humanística, Técnica Complementaria, Deporte e Idioma Técnico.

Los resultados obtenidos se presentan en las tablas XXXIII y XXXIV.

Tabla XXXIII. **Avance académico en los cursos de Ciencia Básica**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	40.68 %	36.00 %	38.55 %	36.41 %	38.09 %	33.48 %	38.31 %
2010	45.96 %	46.36 %	43.84 %	37.77 %	38.33 %	34.39 %	43.55 %
2011		40.76 %	47.70 %	40.20 %	39.04 %	34.71 %	42.06 %
2012			46.90 %	48.26 %	44.35 %	34.19 %	45.07 %
2013				42.17 %	48.87 %	41.11 %	44.64 %
2014					43.62 %	49.24 %	46.83 %
2015						42.63 %	42.63 %
Total	41.67 %	39.55 %	44.26 %	42.20 %	43.87 %	41.45 %	42.13 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Avance académico en los cursos Complementarios**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	51.35 %	43.42 %	60.28 %	63.29 %	53.15 %	57.83 %	52.61 %
2010	57.41 %	48.62 %	58.42 %	65.08 %	61.44 %	59.93 %	56.26 %
2011		58.18 %	63.63 %	59.80 %	55.66 %	58.11 %	59.27 %
2012			64.32 %	64.28 %	58.72 %	60.97 %	63.39 %
2013				66.24 %	65.40 %	59.16 %	65.02 %
2014					71.35 %	62.28 %	68.43 %
2015						68.90 %	68.90 %
Total	54.35 %	52.25 %	62.77 %	64.62 %	65.18 %	64.61 %	60.42 %

Fuente: elaboración propia.

A manera de resumen, se elaboró la siguiente tabla:

Tabla XXXV. **Avance académico en Escuela de Ciencias**

Etapa	Índice de avance
Ciencia Básica	41.25 %
Complementaria	59.90 %

Fuente: elaboración propia.

Análogamente al caso del estudio por género, los datos resultan ser normales por Kolmogórov – Smirnov y las varianzas son homogéneas por la prueba de Levene, además se realizó una prueba T para una muestra y los resultados muestran que las diferencias son significativas estadísticamente, se obtuvo una significación bilateral de 0.000 (menor que 0.05), por lo que se acepta que los índices de avances académicos reales, son distintos estadísticamente hablando.

3.4. Avance académico, según la obligatoriedad de los cursos

Los cursos de la Escuela de Ciencias pueden categorizarse, según si son obligatorios u optativos, esto en dependencia de la carrera y del pensum actual de cada una de ellas. El avance académico según el tipo de curso (obligatorio u optativo) se muestra a continuación.

Tabla XXXVI. **Avance académico para cursos obligatorios**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	41.43 %	36.41 %	40.29 %	38.74 %	39.30 %	35.26 %	39.33 %
2010	49.75 %	46.10 %	43.95 %	38.71 %	39.74 %	35.14 %	45.12 %
2011		46.23 %	48.45 %	40.43 %	39.13 %	35.84 %	44.14 %
2012			51.89 %	49.32 %	44.15 %	34.50 %	47.23 %
2013				48.72 %	50.26 %	40.82 %	47.37 %
2014					51.48 %	50.09 %	50.75 %
2015						49.55 %	49.55 %
Total	43.45 %	41.57 %	46.61 %	44.87 %	46.34 %	44.10 %	44.44 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Avance académico para cursos optativos**

Cohorte / Año de Asignación	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
2009	46.10 %	39.58 %	50.22 %	50.99 %	44.72 %	49.57 %	45.47 %
2010	47.64 %	58.25 %	62.12 %	62.88 %	49.12 %	55.01 %	56.86 %
2011		43.48 %	69.93 %	66.98 %	55.11 %	52.07 %	59.88 %
2012			50.79 %	76.06 %	63.90 %	57.56 %	63.75 %
2013				57.87 %	70.55 %	66.08 %	65.77 %
2014					51.97 %	72.17 %	63.33 %
2015						65.00 %	65.00 %
Total	46.26 %	42.96 %	56.90 %	61.63 %	56.89 %	61.10 %	53.82 %

Fuente: elaboración propia.

Como resumen se elaboró la siguiente tabla:

Tabla XXXVIII. **Avance académico por obligatoriedad de cursos**

Etapas	Índice de avance
Obligatorios	44.44 %
Optativos	53.82 %

Fuente: elaboración propia.

En el presente caso, se decidió estudiar las diferencias estadísticas posibles a través de un análisis de correlación, para determinar si el avance académico depende en alguna manera cuantificable del tipo de curso, resultando que la significación es casi perfecta, ya que el coeficiente de correlación de Pearson es de 0.66 con significación bilateral de 0.00 (menor que 0.05), por lo que se tiene que el avance si está relacionado directamente al tipo de curso. Nótese que además, según el criterio de Cohen se clasifica como una correlación grande.

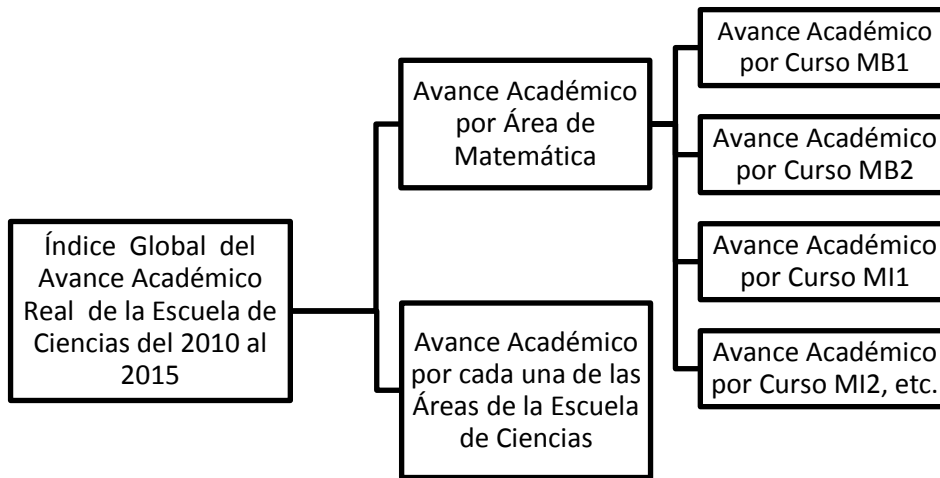
También se realizó una prueba T para dos muestras y los resultados son que las diferencias si son significativas estadísticamente, se obtuvo una significación bilateral de 0.00 (menor que 0.05), por lo que se rechaza que los índices de avance académico real, son iguales estadísticamente hablando, es decir, se acepta que son distintos estadísticamente a un nivel de significancia del 0.05.

3.5. Índice Global de Avance Académico Real en la Escuela de Ciencias

Para el establecimiento de un índice global de avance académico real, para la Escuela de Ciencias, resulta bastante natural pensar en que dicho índice global debe estar formado por cada uno de los índices o indicadores de las áreas que la componen, y a su vez, los indicadores de las áreas deben de estar formados por los indicadores de los cursos que conforman dichas áreas; entonces, es ahí donde se hizo más clara la forma de construir indicadores con distintos niveles jerárquicos como se planteó anteriormente.

A partir de lo expuesto anteriormente, el índice global del avance académico real para la Escuela de Ciencias en el período 2010 – 2015, se construyó de la siguiente manera:

Figura 11. Índice global de avance académico, en la Escuela de Ciencias I

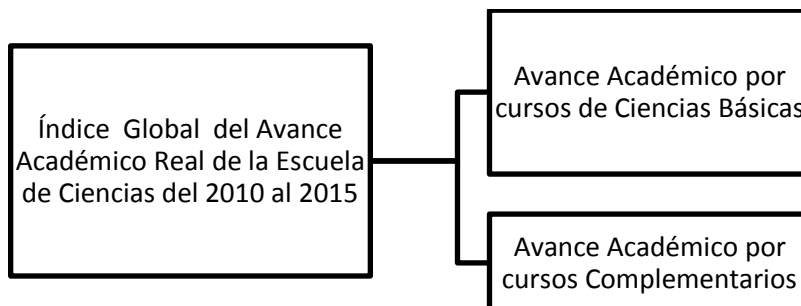


Fuente: elaboración propia.

Nótese que a partir del esquema anterior se debe realizar un promedio ponderado de los cursos de cada área, luego, el promedio ponderado de las áreas para obtener el índice global para la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería.

Un resultado no contemplado, aunque obvio, resulta entonces el siguiente esquema equivalente al anterior:

Figura 12. Índice global de avance académico, en la Escuela de Ciencias II



Fuente: elaboración propia.

El resultado anterior resulta obvio tomando en cuenta que el cálculo de cada indicador por área dependía directamente de los cursos que la formaban, es decir, los indicadores por área ya estaban ponderados respecto de la asignación real de los cursos y de las asignaciones de los estudiantes que aprobaron dichos cursos. Por otra parte, los indicadores de las Ciencias Básicas y los cursos Complementarios surgieron como agrupadores de áreas, por lo que están ponderados por las áreas, de ahí que se considera resuelto el problema de ponderar ambos tipos de cursos para obtener el índice global de la Escuela de Ciencias.

En efecto, tomando en cuenta los siguientes datos se procedió a calcular dicho promedio ponderado. El promedio general de Ciencias Básicas fue de 41.25 % y el de los cursos complementarios de 59.90 %.

Para dicho cálculo se tomará el siguiente promedio ponderado:

$$I.G.E.C. = \frac{(ACB)(\#asignaciones aprobadas CB) + (ACC)(\#asignaciones aprobadas CC)}{\# total de asignaciones aprobadas}$$

Donde ACB es el avance académico en los cursos de ciencias básicas, CB es la clasificación de ciencia básica, ACC es avance académico en los cursos complementarios, CC es nomenclatura de cursos complementarios y I.G.E.C es el Índice Global de la Escuela de Ciencias de la Facultad en el período 2010-2015.

Entonces, para obtener dicho índice resulta claro que se necesita el número de asignaciones de estudiantes que aprobaron en cada clasificación de cursos. Los resultados son: 82,182 asignaciones de estudiantes aprobados en Ciencia Básica y 46,631 en Cursos Complementarios, en total ambos suman 128,813 por

lo tanto, el índice global de avance académico de la Escuela de Ciencias para el período 2010 – 2015 es:

$$I.G.E.C. = \frac{(41.25\%)(82,182) + (59.90\%)(46,631)}{128,813} \cong 48\%$$

3.6. Indicadores globales de avance académico real, por curso de la Etapa Básica

El siguiente análisis se enfocó en obtener indicadores de avance académico global en los cursos de la etapa básica, pero con la desagregación de carreras, por lo que se considerará el procedimiento descrito en el epígrafe anterior sólo que esta vez, se tendrán 10 indicadores (uno por cada carrera) para determinar así un índice de avance por cada carrera.

Nótese que para proceder al cálculo se hace necesario tener los datos del epígrafe anterior, pero por carrera. También debe hacerse la aclaración de tener un mejor análisis se contempla la comparación con los cursos de la etapa complementaria para tener así indicadores de ambas categorías y crear índices generales para cada carrera, esta vez, en función del desglose de la etapa básica.

Siguiendo un orden alfabético de las carreras los resultados son:

Tabla XXXIX. **Resultados Ciencia Básica y Cursos Complementarios por carrera**

Carrera	Asignaciones Aprobadas en Ciencia Básica.	Avance académico Ciencia Básica	Asignaciones Aprobadas en Etapa Complementaria.	Avance académico Etapa Complementaria	Total de Asignaciones aprobadas
Ambiental	653	38.44 %	615	64.70 %	1,268
Civil	13,660	41.34 %	8,567	60.97 %	22,227
Eléctrica	4,161	43.65 %	1,960	57.30 %	6,121
Electrónica	7,336	44.69 %	3,636	59.79 %	10,972
Industrial	17,420	39.98 %	10,388	61.40 %	27,808
Mecánica	16,954	41.42 %	8,975	58.42 %	25,929
Mecánica Eléctrica	3,991	41.83 %	2,288	59.09 %	6,279
Mecánica Industrial	3,745	45.04 %	1,822	59.57 %	5,567
Sistemas	6,517	43.17 %	3,227	58.02 %	9,744
Química	7,745	45.77 %	5,153	65.12 %	12,898

Fuente: elaboración propia.

Entonces, luego de calcular los promedios ponderados para cada una de las carreras se tienen los indicadores por etapa básica siguientes:

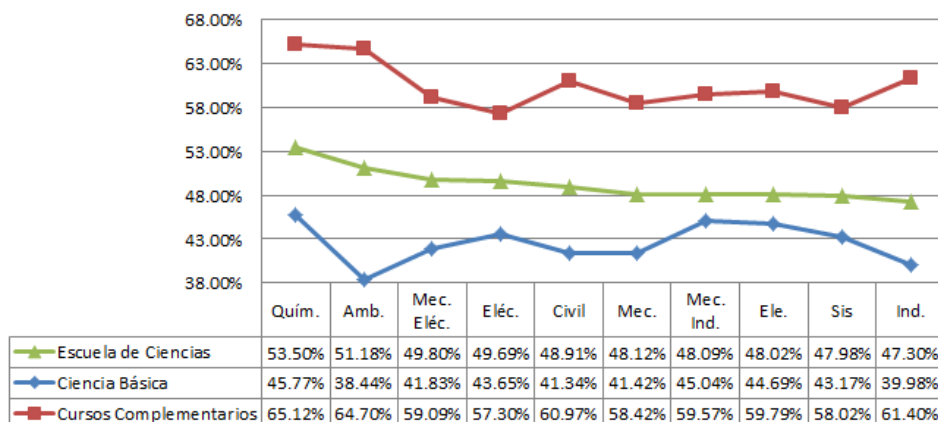
Tabla XL. Avance académico real por carrera en la Escuela de Ciencias

Carrera	Avance EB	Avance EC	Avance real
INGENIERIA AMBIENTAL	38.44 %	64.70 %	51.18 %
INGENIERIA CIVIL	41.34 %	60.97 %	48.91 %
INGENIERIA ELECTRICA	43.65 %	57.30 %	48.02 %
INGENIERIA ELECTRONICA	44.69 %	59.79 %	49.69 %
INGENIERIA EN CIENCIAS Y SISTEMAS	39.98 %	61.40 %	47.98 %
INGENIERIA INDUSTRIAL	41.42 %	58.42 %	47.30 %
INGENIERIA MECANICA	41.83 %	59.09 %	48.12 %
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	45.04 %	59.57 %	49.80 %
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL	43.17 %	58.02 %	48.09 %
INGENIERIA QUIMICA	45.77 %	65.12 %	53.50 %

Fuente: elaboración propia.

Gráficamente se puede comparar el avance académico real por carrera, para visualizar qué carrera es la tendencia del avance, según carreras. Debe observarse que el desglose realizado incluye las variables de control carrera y etapa básica (tanto CB = Ciencia Básica y CC = Cursos Complementarios).

Figura 13. Avance académico en la Escuela de Ciencias por carrera



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que el mejor avance real en los cursos de la Escuela de Ciencias, lo tiene la carrera de Ingeniería Química y también se observa que su avance es el más alto en Ciencia Básica (CB) y en Cursos Complementarios (CC). Esto último se puede interpretar de la siguiente manera. “La carrera de Ingeniería Química es la que avanza más en la conclusión de los cursos que administra la Escuela de Ciencias de la Facultad, aunque cabe señalar que tiene un menor avance en los cursos de Ciencia Básica, mientras que avanza de mejor manera que el resto de carreras en los Cursos Complementarios (CC)”.

Nótese que a partir de la gráfica anterior, la carrera con menor avance académico real es la carrera de Ingeniería Industrial con 39.98 % en la etapa de Ciencia Básica y en la Escuela de Ciencias de 47.30 %.

Para finalizar el presente capítulo, se hace la observación que se considera que el objetivo general ha sido alcanzado, a través de cada uno de los epígrafes del presente capítulo se ha logrado describir el avance académico global real de los estudiantes en los cursos de la Escuela de Ciencias de la Facultad, ya que se crearon indicadores de distintos niveles jerárquicos y se analizó a profundidad las posibles diferencias que se lograron detectar vía técnicas estadísticas.

Se tomó en cuenta indicadores por: cohorte, curso, género, área, carrera, tipo de curso (obligatorio u optativo), clasificación en la Escuela de Ciencias (ciencia básica y cursos complementarios) y se crearon índices globales para la Escuela de Ciencias durante el período de estudio del año 2010 al 2015.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos, se debe tomar a consideración que el cálculo del avance académico tomó en cuenta el número de estudiantes asignados durante el período 2010 a 2015 en todos los 39 cursos que administra la Escuela de Ciencias de la Facultad.

Puntualizando sobre el índice de avance académico de la Escuela de Ciencias debe hacerse el señalamiento que se pudo obtener por varias vías, dependiendo de la desagregación que permitió la base de datos; en primer lugar, se analizó a través del año de asignación y la cohorte a la que pertenecían los alumnos, dicho análisis se llevó a cabo, a través de una regresión lineal que pretendió mostrar la relación directa o no entre la tendencia del avance académico real y la cohorte (o bien, el año de ingreso a la Facultad de Ingeniería). Los resultados arrojaron en primer lugar, un avance académico real promedio durante todas las cohortes en el período del 2010 a 2015 de 45.01 %, que se puede interpretar que sólo el 45 % de estudiantes avanzan realmente en los cursos que administra la Escuela de Ciencias de la Facultad que pertenezcan, claro está, a su pensum de estudios. Dicho resultado conlleva a pensar que de los cursos posibles los estudiantes se asignan no la totalidad de cursos y a pesar de ello, resulta que avanzan sólo el 45 % ya mencionado, esto puede interpretarse como que si sólo el 45 % avanza, el 55 % no avanza (índice de no avance que no es más que $100 \% - 45 \% = 55 \%$).

Esto último resalta, de alguna manera, una alerta a que los estudiantes en general se están tardando prácticamente el doble del tiempo en aprobar los cursos del área comprendida por los cursos de la Escuela de Ciencias, es decir,

los cursos del área común. Y lo más relevante de dicho resultado es que resulta en una proporción de más del doble de tiempo para avanzar en dichos cursos. Por lo que a priori, se podría asumir, a la luz de los resultados, que los alumnos se tardan en lugar de 5 semestres en salir de los cursos de la Escuela de Ciencias, 10 semestres.

Lo anterior, debe analizarse conjuntamente con el rendimiento académico y además algo más importante que pertenece más al área de acreditación de las carreras de la Facultad, que es el índice de eficiencia terminal de estudios. Dicho de otra manera, la eficiencia terminal podrá estar afectada directamente por un retraso de 5 semestres por alumno, por lo que la carrera se extiende prácticamente (por los cursos de la Escuela de Ciencias) 2.5 años más del tiempo estipulado.

Debe hacerse el señalamiento que el presente estudio, se realizó únicamente con estudiantes asignados, por lo que los indicadores e índices de avance reflejan el avance académico real y no el programado. En general, el avance académico programado es de mayor carga académica (más cursos a asignar) que el avance académico real.

Como se discutió en la sección correspondiente, al parecer, se está creando una tendencia a mejorar el avance académico real a través del tiempo. Esto a raíz de los mismos resultados que muestran una leve tendencia al crecimiento cuando se toma el avance académico en función de la cohorte a la que pertenecen los estudiantes.

El análisis de regresión realizado para el modelo de dependencia entre avance académico y cohorte resulta teóricamente adecuado, como se mencionó anteriormente, explica el 85.37 % del fenómeno del avance académico, y

además, el coeficiente de correlación de Pearson, en el presente caso 90.80 %, indica que dicho modelo tiene mucho sentido, es decir, que el avance académico sí depende de la cohorte (año de ingreso) y depende linealmente.

Esto último, desde el punto de vista de la clasificación y complejidad del problema, se considera muy alto en cuanto al ajuste de datos para el modelo, tomando en cuenta que podría haberse tomado en cuenta otras variables que pueden afectar al avance académico como tal. En general, se sabe que a partir de un 70 % de ajuste en fenómenos de tipo académico ya se considera “aceptable”.

En cuanto al avance académico real por área, se determinó que el área con mayor avance fue la de Técnica Complementaria que comprende los cursos de Técnica Complementaria 1 y Técnica Complementaria 2 con un 74.06 %, le sigue Idioma Técnico, Deporte y Social Humanística, todas éstas áreas comprendidas en la clasificación de Cursos Complementarios, mientras que los porcentajes de avance académico fueron menores en los cursos de Estadística, Matemática, Física y Química; éste último con un avance académico del 34.14 %, las cuales están clasificadas en los cursos de ciencias básicas que todas las carreras de ingeniería deben cursar.

Dicha brecha entre el 74.06 % de Técnica Complementaria y el 34.14 % de Química, refleja de algún modo la complejidad de los cursos que involucra cada una de las áreas en que está dividida la Escuela de Ciencias de la Facultad. Nótese que son casi 30 puntos porcentuales, esto conduce a pensar que la dificultad es distinta en cuanto a cursos en primer lugar, y que además la dificultad no es homogénea en general, por lo que se puede conjeturar al respecto que el problema del avance académico no está en los cursos del área complementaria sino que en los cursos de ciencias básicas.

Se comprobó la normalidad de los datos para el análisis de diferencias entre áreas y resultaron normales vía la prueba de Kolmogorov-Smirnov y las varianzas resultaron ser no homogéneas, a través de la prueba F de Fisher. Dichos resultados permitieron realizar un análisis Post-Hoc, a través de la prueba de Games-Howell (ya que no se cumplió la hipótesis de varianzas homogéneas, en cuyo caso se optaría por una prueba Post-Hoc de Tukey). Los resultados mostraron que se pueden agrupar en cuatro grupos homogéneos, o dicho de otra manera, se pueden agrupar en cuatro grupos de cursos, cuyo primer grupo está formado por los cursos de Química, Física y Estadística. El segundo grupo por Matemática, Deportes y Social Humanística. El tercer grupo comparte cursos del segundo grupo a Social Humanística, Deportes y agrega Idioma Técnico. Y finalmente el cuarto grupo agrupa Idioma Técnico y Técnica Complementaria.

Prácticamente se están agrupando en niveles de dificultad que de alguna manera representan para los estudiantes dichos cursos, dado también la programación de contenidos de dichos cursos, resulta obvio las agrupaciones ya mencionadas, los cursos teóricos, los cursos prácticos y por último cursos complementarios como lo son los de idioma técnico y de técnica complementaria.

Una posterior desagregación condujo a realizar un análisis en búsqueda de diferencias entre los promedios de avance académico real entre carreras, obteniéndose que la carrera con mayor avance es Ingeniería Química con un 49.19 % mientras que la de menor avance resultó ser Ingeniería en Ciencias y Sistemas con un 43.26 % de avance.

Dicha brecha se analizó nuevamente por una prueba de normalidad, resultando ser los datos normales por Kolmogórov-Smirnov y varianzas no homogéneas por la prueba F de Fisher. La prueba de Games-Howell resultó ser la adecuada nuevamente y resultaron dos grupos homogéneos, haciendo la

salvedad que ambos grupos tienen a 8 de las 10 carreras de la Facultad, por lo que las carreras que realmente resultaron distintas entre sí son la de Ciencias y Sistemas y Química.

Redunda dicho resultado en que la carrera de Ciencias y Sistemas es la de menor avance y la de Química la de mayor avance. Por lo que se puede inferir que las carreras en general salvo las antes mencionadas, tienen un avance similar, o bien, parafraseándolo a otro ámbito de estudio, los niveles de dificultad resultan diametralmente opuestos entre Ciencias y Sistemas y Química, mientras que la dificultad es prácticamente la misma en las demás carreras de la facultad.

Luego se analizó las posibles diferencias por género, a través siempre de la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov cuyo resultado fue positivo y la homogeneidad de varianzas vía la prueba F de Fisher dio como resultado que eran varianzas homogéneas, por lo que esta vez la prueba de Tukey como prueba Post-Hoc era la adecuada, pero por sólo ser dos grupos (femenino y masculino) dicha prueba es análoga a la T de Student para dos muestras independientes, y los resultados mostraron que no hay diferencia en el avance académico por género, ya que la significación bilateral de dicha prueba fue de 0.771, por lo que se interpreta como que el avance académico es similar en mujeres que en hombres.

Para el análisis del avance académico en los cursos de la Escuela de Ciencias, según la clasificación dada, se obtuvo que para las Ciencias Básicas fue de 41.25 % mientras que para los cursos complementarios fue de 59.90 %, dichos resultados fueron analizados para ver diferencias estadísticas a través de una prueba T de Student y resultaron ser distintos estadísticamente con una significación bilateral de 0.00.

Dicho resultado puede interpretarse como que los cursos de Ciencias Básicas son más difíciles para los estudiantes en comparación con los cursos complementarios.

El análisis continuó profundizándose ahora por la clasificación de cursos según obligatoriedad y resultó que los obligatorios tienen un avance del 43.17 % mientras que los cursos optativos tienen un 56.88 % de avance.

En este caso, se procedió a verificar posibles diferencias a través de un análisis de correlación para ver qué tan relacionadas estaban las variables de avance académico y el tipo de curso si era optativo u obligatorio.

Los resultados a través de un análisis de correlación muestran que están directamente relacionados entre sí y por tener promedios distintos, se realizó una prueba T de Student, cuyo resultado fue que las diferencias de promedios si son estadísticamente significativas, por lo que se puede confirmar que el tipo de curso optativo u obligatorio crea una dicotomía dentro de los cursos de la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería.

Para la construcción de índices globales de avance académico real en la etapa básica por carrera, se realizó un promedio ponderado, determinando que dicho índice es de 48 %, lo cual como ya se mencionó al inicio del presente capítulo, resulta nuevamente bajo y confirma la conjetura de que la mitad de estudiantes que se asignan cursos no avanzan.

Dicho análisis, se realizó a través de un promedio ponderado que debía tomar en cuenta la cantidad de estudiantes asignados y aprobados en cada una de las áreas (básica y complementaria) para obtener el índice general. El resultado obtenido confirma que la carrera de Química es la de mejor avance real

con 53.50 % y la carrera de Industrial tiene un 47.30 % de avance real, que de antemano se podía decir que lo “difícil” de los cursos de la Escuela de Ciencias de la Facultad lo representan los cursos de ciencia básica (áreas de Matemática, Física, Estadística y Química). Cabe señalar que la diferencia con los indicadores presentados anteriormente se debe al tipo de desagregación de la base de datos de estudiantes asignados, por ejemplo, se toman los alumnos asignados en ciencias básicas, se incluyen todas las carreras, mientras que si se filtra primero por carrera, resultan distintas las proporciones de alumnos de cada carrera en ciencias básicas y área complementaria. Por eso, los resultados distintos en los promedios de avance académico. Y de allí la importancia de delimitar el alcance de dichos indicadores como se realizó en las fichas técnicas anteriormente.

Un resultado importante de señalar es que cuando se realiza el desglose por carrera y ciencias básicas, resulta interesante que tanto los resultados de la ciencias básicas como de los cursos complementarios, resultan ser “bandas de control” o intervalos de confianza para el índice global, prácticamente queda un poco más abajo del punto medio entre ambas ponderaciones.

En el objetivo general se propuso: “Describir el avance académico global de los estudiantes en los cursos de la Escuela de Ciencias, a través de la construcción de indicadores en las diferentes carreras y áreas”, dicho objetivo se considera alcanzado por las siguientes razones: en primer lugar, se obtuvieron indicadores de cursos, y posteriormente de áreas, por lo cual se tenía desde el punto de vista operativo, los datos pertinentes para dicha creación de indicadores, tanto del nivel de cursos como del nivel de área por el mismo nivel jerárquico inducido por dichas desagregaciones.

El avance académico real ha podido describirse por otro tipo de desagregación permitido por la base de datos, es decir, se pudo realizar una

descripción del avance académico real de los cursos de la Escuela de Ciencias de la Facultad a nivel global, a través de indicadores de menor nivel.

La diferenciación entre niveles jerárquicos de indicadores fue posible por la base de datos obtenida del Centro de Cálculo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala para el período 2010-2015.

Dicha diferenciación involucra que al finalizar el presente trabajo se puede construir un índice para la Escuela de Ciencias de varias formas. Específicamente si se consideran los cursos (tercer nivel), áreas (segundo nivel) y las dicotomías posibles entre cursos obligatorios u optativos o bien la dicotomía entre cursos de ciencias básicas o complementarios. En ambos casos, se generan índices para el avance académico de la Escuela de Ciencias de la Facultad y la diferencia la va a dictar la ponderación por el tipo de desagregación realizada.

Se logra el objetivo también no sólo en cuanto a la creación de indicadores sino que se realizó un análisis más a profundidad para la búsqueda de posibles diferencias a nivel estadístico, se tienen diferenciaciones por género, carrera y por área, así como las clasificaciones de cursos por obligatoriedad y por ciencias básicas.

La relación directa de la construcción y cumplimiento de cada objetivo específico logra la siguiente síntesis.

El avance académico real de los cursos administrados por la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería depende en primera instancia de la clasificación de ciencia básica o complementaria, notándose que el promedio mayor lo tienen los cursos del área complementaria, aduciendo probablemente a

la dificultad de los cursos involucrados en las áreas que conforman dicha clasificación.

De igual manera, los cursos optativos presentan un mejor avance que los cursos obligatorios. No existe diferencia estadísticamente significativa entre el avance de mujeres y hombres en los cursos de la Escuela de Ciencias. La carrera que avanza mejor es Ingeniería Química y la que menos avance presenta es Ingeniería Industrial. El área de menor avance es Química (cursos de Química General 1 y 2) y la de mejor avance es Técnica Complementaria (cursos de Técnicas Complementarias 1 y 2).

En resumen, se puede inferir entonces que: El avance académico de los cursos administrados por la Escuela de Ciencias es bajo, influenciado por las áreas de Química, principalmente también por la carrera de Industrial, no influye el género de los estudiantes y su retraso es más en Ciencia Básica y los cursos obligatorios.

CONCLUSIONES

1. Como resultado global del estudio se enuncia la conclusión general. A partir de los cálculos realizados se obtiene un índice general de avance académico para la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería de 48 %, lo cual indica que sólo avanzan realmente un 48 % de los estudiantes que se asignan en los cursos que administra la Escuela de Ciencias, se considera bajo, esto está directamente relacionado con la eficiencia terminal, por lo que a priori y sin realizar análisis al respecto, se puede concluir que se tardan aproximadamente el doble del tiempo necesario para aprobar, en el presente caso, los cursos que se asignan en la Escuela de Ciencias.
2. Para el análisis de regresión realizado entre la cohorte y el avance académico resulta obvio que las cohortes han ido mejorando en cuanto a su avance académico en el período estudiado, es decir, a una cohorte más joven corresponde un mayor avance académico. Según el modelo
$$\text{Avance académico real} = 1.5814 (\text{Año de Cohorte}) - 3134.9971$$
3. Los índices de avance académico real por área, carrera y género resultaron normales, a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los índices de avance académico real por área crearon 4 grupos homogéneos para las 8 áreas de la Escuela de Ciencias, presentando principalmente diferencias entre las áreas de Técnica Complementaria y Química. Los índices de avance académico real por carrera crearon 2 grupos homogéneos, presentando principalmente diferencias entre la carrera de Ciencias y Sistemas y de Química. Los índices de avance

académico real por género no presentaron diferencias significativas a un nivel del 95 % de confianza.

4. En cuanto a los cursos de la Escuela de Ciencias (cursos clasificados como Ciencia Básica y Cursos Complementarios) se tiene que el avance académico real es de 41.25 % en Ciencia Básica y de 59.90 % en los cursos complementarios, las diferencias resultaron ser significativas estadísticamente a un nivel del 95 % de confianza y del análisis de correlación resulta que están directamente relacionados el avance académico real y la clasificación de Ciencia Básica y Cursos Complementarios.
5. Por la clasificación de cursos obligatorios y optativos, se determinó que los cursos obligatorios tienen un avance promedio de 43.17 % y los optativos de 56.88 %, en el presente caso se pudo corroborar que el avance académico está directamente relacionado con el tipo de curso, para ello se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0.60 y significación bilateral de 0.00. Se realizó también una prueba T para ver diferencias y resultaron ser estadísticamente significativas. Se concluye entonces que el avance académico real es mejor en los cursos optativos.
6. Para el índice global de avance académico real de la Escuela de Ciencias creado en el epígrafe 3.5, se concluye que dicho avance es del 48 %. Dicho número indica que avanza prácticamente la mitad de estudiantes al ritmo programado, e.d., se tardan el doble de tiempo en promedio, en sacar los cursos de la escuela de ciencias, dando como resultados también que se tardan más en las áreas más teóricas (ciencia básica) que en las áreas de tipo complementario.

7. Para el avance académico real en los cursos de la Escuela de Ciencias por carrera, se determinó que es mayor en la carrera de Ingeniería Química, mientras es menor en la carrera de Ingeniería Industrial.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis posterior que realice un cruce de información entre avance académico, rendimiento académico y la eficiencia terminal de los cursos de la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería.
2. Dar el seguimiento del presente análisis para calibrar y corroborar el modelo regresor entre cohorte y avance académico.
3. Dar continuidad al análisis del avance académico real, para ver posibles diferencias en el futuro por área, carrera, género, ciencia básica y cursos complementarios, así también por obligatoriedad de los cursos.
4. Realizar análisis cruzados con proyecciones de ingreso y de eficiencia terminal para ver el efecto del avance académico real y tomar medidas a mejorar los indicadores involucrados.
5. Con el seguimiento mencionado anteriormente, se recomienda constatar que las diferencias siguen siendo no significativas a lo largo del tiempo. Esto también alerta sobre el problema de no avance (que se puede definir de la siguiente manera: $\% \text{ de no avance} = 100 \% - \% \text{ avance}$) es general en la Escuela de Ciencias.
6. Se encontró un problema que se considera urgente de resolver, a saber: los cursos obligatorios y optativos en los pensa de estudios, ya que al codificar los cursos entre obligatorios y optativos la práctica indica cierta clasificación que no concuerda con la indicada en los pensa de estudios, v.g., los cursos de Idioma Técnico se sabe que cada

carrera de ingeniería debe llevar mínimo 4 cursos, mientras que en los pensa publicados en el sitio oficial de la Facultad los clasifican como optativos, esto también pasa en el área de Deportes que están como cursos optativos en los pensa, debiendo ser obligatorios.

7. Se sugiere a partir de que no hay diferencias significativas en el avance académico real entre mujeres y hombres, se realice un análisis del rendimiento académico por género, a priori se considera que las mujeres son más dedicadas.
8. Realizar un análisis curricular para indagar sobre las diferencias entre pensa de estudios, debido a los resultados que indican que en general la carrera que mejor avanza en ciencia básica es la Ingeniería Química; mientras que la que menos avanza es la Ingeniería Ambiental (Tabla XXXIX), tomando en cuenta que en particular, los estudiantes de Ingeniería Química son los estudiantes que avanzan de mejor manera en la etapa de ciencia básica. Se puede decir al respecto a manera a priori que si bien los estudiantes de Ingeniería Química “avanzan” relativamente mejor que las demás carreras, su pensa de estudios está estructurado de distinta manera en comparación con las demás carreras, por lo que les permite, al menos, aprobar los cursos de ciencia básica de la Escuela de Ciencias y pasar a los cursos del área profesional, mientras que para el caso de Ingeniería Ambiental su retraso es en la ciencia básica.
9. A partir de la recomendación anterior, también se hace la observación de realizar un análisis curricular para estandarizar o por lo menos homogeneizar las carreras de Ingeniería, de manera tal que permita que todas las carreras estén acreditadas y con el mismo nivel de

dificultad para los estudiantes, al menos en los cursos impartidos por la Escuela de Ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baldino, G, Lanzarini, L, Charnelli, M. E. (2016) *Análisis del avance académico de alumnos universitarios. Un estudio comparativo entre la UTN – FRLP y la UNLP*; Argentina.

Carot Sierra, J.M., et al. (2012) *Sistema Básico de Indicadores para la Educación Superior de América Latina*. Editorial Universitat Politècnica de València; España.

COPAES (Consejo para la Acreditación de la Educación Superior) (2002) *Desarrollo de criterios, indicadores y parámetros para cada categoría o factor del Marco General para los Procesos de Acreditación de Programas Académicos de Nivel Superior*. México.

Espejo Miranda, I., Fernández Palacín, F., López Sánchez, M. A., Muñoz Márquez, M., Rodríguez Chía, A. M., Sánchez Navas, A. y Valero Franco. (2007) *Inferencia Estadística*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. España. PP 99 – 101.

Frías-Navarro, D. (2011). *Técnica estadística y diseño de investigación*. Palmero Ediciones. España.

Hollander, M., Wolfe, D.A. (1999). *Nonparametric Statistical Methods*. Second edition. John Wiley & Sons, Inc. USA.

Kena, G., et al. (2016). *The Condition of Education 2016 (NCES 2016-144)*. U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. Washington, DC. Consultado el 15/11/2016 Disponible en: <http://nces.ed.gov/pubsearch>.

Lehmann, E.L., Romano, J.P. (2005) *Testing Statistical Hypotheses*. Third edition. Springer. USA.

Letelier M., Herrera J.A., López L. y Canales A. (2002) *Indicadores Universitarios: Experiencias y Desafíos Internacionales*. Centro Interuniversitario de Desarrollo – CINDA. Chile. PP. 60 – 90.

Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España. Consejo de Coordinación Universitaria. (2002) *Catálogo de Indicadores del Sistema Universitario Público Español*.

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España. Comisión de Estadística e Información Universitaria. (2014) *Catálogo Oficial de Indicadores Universitarios*.

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España. Comisión de Estadística e Información Universitaria. (2016) *Catálogo Oficial de Indicadores Universitarios*.

Morduchowicz, A. (2006) *Los indicadores educativos y las dimensiones que los integran*. IIPE - UNESCO - Sede Regional Buenos Aires; Argentina.

Piatti, C; González, A; Salde, L. A.; Severini, H. (2007) *Evaluación del avance académico de los estudiantes: Un abordaje preliminar de la calidad en la*

enseñanza de la Ingeniería. V Encuentro Nacional y II Latinoamericano La Universidad como objeto de investigación. Buenos Aires, Argentina.

Rao, C.R. (1965). *Linear Statistical Inference and its Applications*. Second edition. John Wiley & Sons, Inc. USA.

Rivera, M. (1990) *Crecimiento Esperado del número de asignaciones (por grupo de cursos) servidas por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Período 1971 – 1990*. Sistema de Planificación.

Rodríguez Ayán, M. N.; Ruíz Díaz, M. A. (2011). *Indicadores de rendimiento de estudiantes universitarios: calificaciones versus créditos acumulados*; Revista de Educación, No. 355. PP. 467 – 492.

Saleme, H., et al. (2008). *Dificultades que afectan el ritmo de avance académico en estudiantes universitarios*. XV Jornadas de Investigación y Cuarto Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Siegel, S. (1956). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. McGraw-Hill. USA.

Sistema de Planificación (1990) *Estadística Básica de las variables que definen el rendimiento académico por grupo de cursos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*.

Snyder, T.D., de Brey, C., and Dillow, S.A. (2016). *Digest of Education Statistics 2014 (NCES 2016-006)*. National Center for Education Statistics, Institute

of Education Sciences, U.S. Department of Education. Washington, DC. .
Consultado el 15/11/2016 Disponible en: <http://nces.ed.gov/pubsearch>.

Sprent, P., Smeeton, N.C. (2001). *Applied nonparametric statistical methods*.
3rd. edition. Chapman & Hall. USA.

Universidad Autónoma de México (2013) *Indicadores de desempeño para facultades y escuelas de educación superior de la UNAM*. México.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería (1992)
Catálogo de Estudios 1992. Guatemala.

Vicerrectoría Académica (2011) *Asignaturas, Actividades Académicas y Créditos: Procedimientos para su creación o modificación*. Universidad Nacional de Colombia.

Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Novena edición. Editorial Pearson Educación. México.

Webster, A. L. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Tercera edición. Editorial McGraw-Hill. Colombia.