



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

**ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN
LOS CURSOS A CARGO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DURANTE EL
PERÍODO 2010 AL 2015, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC.**

Mayra Virginia Carvajal Castillo

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 RENDIMIENTO ACADÉMICO EN
LOS CURSOS A CARGO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DURANTE EL PERÍODO
2010 AL 2015, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MAYRA VIRGINIA CARVAJAL CASTILLO
ASESORADO POR EL MTRO. EDWIN ADALBERTO BRACAMONTE
OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA 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. Oscar Humberto Galicia Nuñez
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
EXAMINADOR	Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
EXAMINADOR	Mtro. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
EXAMINADOR	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 RENDIMIENTO ACADÉMICO EN LOS CURSOS A CARGO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DURANTE EL PERÍODO 2010 AL 2015, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC.

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

Mayra Virginia Carvajal Castillo



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

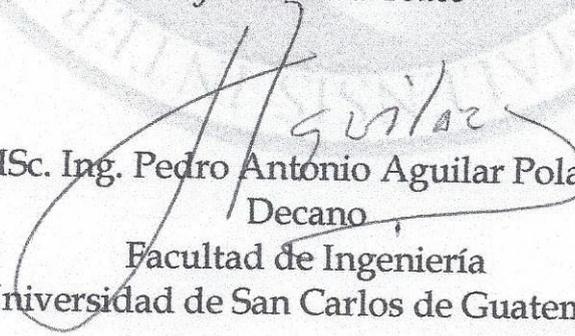
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2018-005

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 RENDIMIENTO ACADÉMICO EN LOS CURSOS A CARGO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DURANTE EL PERÍODO 2010 AL 2015, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC"** presentado por la Ingeniera Industrial Mayra Virginia Carvajal Castillo, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

"Id y Enseñad a Todos"


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 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-2018-005

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 RENDIMIENTO ACADÉMICO EN LOS CURSOS A CARGO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DURANTE EL PERÍODO 2010 AL 2015, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC"** presentado por la Ingeniera Industrial Mayra Virginia Carvajal Castillo, 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

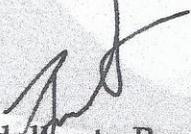
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2018-005

Como Coordinador de la Maestría en Artes en Estadística Aplicada del Trabajo de Graduación titulado **"ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN LOS CURSOS A CARGO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DURANTE EL PERÍODO 2010 AL 2015, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC"** presentado por la Ingeniera Industrial Mayra Virginia Carvajal Castillo, 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, Catastro.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida, acompañarme en cada paso que doy.
Mis padres	Francisco Carvajal y Mayra Castillo. Por darme su apoyo, paciencia y amor incondicional a lo largo de mi vida.
Mi hermano	Francisco Carvajal. Porque siempre encontré en él todo el apoyo y amor incondicional que necesitaba. Por haber estado conmigo en todas las etapas de mi vida y nunca haberme dejado sola.
Mis abuelos	Ernesto Cruz (q.e.p.d), Rosa Cruz (q.e.p.d), Julio Castillo, Marina de Castillo, por su cariño y apoyo constante.
Mis tíos	Julio Castillo y Edgar Castillo, por su cariño y apoyo en todo momento.
Mis tías	Zully Hernández y Silvia Hernández, por su apoyo y amor. Por sus consejos y cuidados, les estoy eternamente agradecida.

Mis primos

Ana, Gaby, Jhoselyn y Julio, por su amor, apoyo y los buenos momentos compartidos.

Mis amigos

A la cohorte de la maestría, por los conocimientos y el tiempo compartido, especialmente a Adonai, por su apoyo y ánimo durante este año y medio.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi Alma Máter. Fuente de conocimientos a la que siempre estaré orgullosa de pertenecer.

Facultad de Ingeniería

Por la formación que me ha brindado y por su apoyo en el desarrollo de este Trabajo de Graduación.

Ing. Edwin Bracamonte

Por compartir sus conocimientos, experiencias y por todo el apoyo brindado a lo largo de toda mi carrera. Por el cariño y la paciencia mostrada a mi persona a lo largo de los años.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS.....	XIX
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1. Estudios previos	1
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Rendimiento académico en el nivel superior	9
2.1.1. Conceptualización e implicaciones del rendimiento académico universitario	11
2.1.1.1. Concepto de rendimiento académico ..	13
2.1.2. Indicadores del rendimiento académico universitario	13
2.2. Análisis estadístico paramétrico	15
2.2.1. Intervalos de confianza	15
2.2.2. Pruebas de hipótesis	17
2.2.2.1. Pruebas de hipótesis para la media de una población	19

2.2.2.2.	Pruebas de hipótesis para la diferencia de medias de dos poblaciones	20
2.2.3.	Análisis de varianza	21
2.2.3.1.	Análisis global de varianza de un factor	22
2.2.4.	Análisis no paramétrico	24
2.2.5.	Análisis Post Hoc	25
2.2.6.	Pruebas de independencia.....	27
2.2.7.	Pruebas de homogeneidad	29
2.2.8.	Pruebas de normalidad	29
2.2.9.	Prueba de correlación	30
2.2.10.	Análisis de regresión	31
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	35
3.1.	Análisis descriptivo previo	35
3.2.	Análisis de rendimiento académico de los cursos con relación a la carrera del estudiante	44
3.3.	Análisis comparativo del rendimiento de los estudiantes repitentes y los que se asignan el curso por primera vez.....	47
3.4.	Análisis de comparación de rendimiento académico en las distintas carreras de ingeniería	49
3.5.	Análisis de comparación de rendimiento académico de las distintas áreas que conforman la Escuela de Ciencias	51
3.6.	Análisis comparativo del rendimiento de acuerdo al género del estudiante	53
3.7.	Análisis comparativo del rendimiento en cursos de ciencias básicas y cursos complementarios	56

3.8.	Análisis comparativo del rendimiento en cursos obligatorios y cursos optativos.....	60
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
4.1.	Análisis descriptivo del rendimiento académico	63
4.2.	Análisis de rendimiento académico de los cursos con relación a la carrera del estudiante.....	66
4.3.	Análisis comparativo del rendimiento de los estudiantes repitentes y los que se asignan el curso por primera vez	66
4.4.	Análisis de comparación del rendimiento académico de las distintas carreras de ingeniería.....	68
4.5.	Análisis de comparación de rendimiento académico de las distintas áreas que conforman la Escuela de Ciencias	69
4.6.	Análisis comparativo del rendimiento de acuerdo al género del estudiante	70
4.7.	Análisis comparativo del rendimiento en cursos de ciencias básicas y cursos complementarios, obligatorios y optativos....	71
	CONCLUSIONES	75
	RECOMENDACIONES	79
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
	APÉNDICE.....	87
	ANEXOS	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Rendimiento promedio por área, por año.....	39
2.	Rendimiento promedio por área, por período.....	41
3.	Índice de aprobación anual por área.....	42
4.	Histograma de notas finales.....	43
5.	Grupos homogéneos por carrera.....	50
6.	Grupos homogéneos por área y departamento.....	52

TABLAS

I.	Organización de la Escuela de Ciencias.....	XIII
II.	Variables de estudio.....	XXII
III.	Análisis de varianza de un factor.....	22
IV.	Distribución de la Escuela de Ciencias.....	35
V.	Asignaciones por área y por año.....	37
VI.	Asignaciones por género y carrera.....	37
VII.	Rendimiento académico promedio por área, por año.....	38
VIII.	Análisis de tendencia para rendimiento promedio por área y año.....	40
IX.	Promedio por área, por período.....	40
X.	Índice de aprobación anual por área.....	42
XI.	Análisis de normalidad de las notas finales.....	44
XII.	Aprobados por curso y carrera.....	44
XIII.	Ensayo de hipótesis para la independencia del rendimiento en los cursos y la carrera del estudiante.....	46

XIV.	Modelo de regresión para repitencia.....	47
XV.	Estadísticas para modelo de regresión lineal	48
XVI.	Ensayo de hipótesis para la significancia del coeficiente de correlación	48
XVII.	Análisis de varianza para rendimiento, por carrera.....	49
XVIII.	Grupos homogéneos por carrera.....	49
XIX.	Análisis de varianza para rendimiento, por área.....	51
XX.	Grupos homogéneos por área	51
XXI.	Estadísticos por curso y por género.....	53
XXII.	Resumen de estadísticos por género	55
XXIII.	Ensayo de hipótesis para la diferencia de promedios de cursos de ciencias básicas y complementarios.....	55
XXIV.	Estadísticos para cursos de ciencias básicas.....	57
XXV.	Estadísticos para cursos complementarios.....	58
XXVI.	Resumen de estadísticos por tipo de curso	58
XXVII.	Ensayo de hipótesis para la diferencia de promedios de cursos de ciencias básicas y complementarios.....	59
XXVIII.	Aprobados por tipo de curso y carrera.....	60
XXIX.	Ensayo de hipótesis para la independencia del rendimiento en los cursos y la carrera del estudiante	61
XXX.	Prueba de igualdad de medias de cursos obligatorios y optativos	62

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
α	Nivel de significancia
F	Valor de la distribución de Fisher
G.L.	Grados de libertad
n	Número de observaciones.
χ^2	Valor de la distribución Chi-cuadrado
\bar{x}	Media muestral
μ	Media poblacional
σ^2	Varianza poblacional
Z	Valor de la distribución normal

GLOSARIO

Hipótesis nula	Suposición que desea validarse o invalidarse.
Homogeneidad	Igualdad de comportamiento para todas las condiciones.
Independencia	Falta de relación entre variables, los valores que toma una de las variables no afectan a los de la otra ni a sus probabilidades.
Indicador	Variable cuantitativa cuyos valores son susceptibles de interpretación en un campo de conocimiento, respecto a determinados valores de referencia, establecidos en forma teórica o empírica.
Índice	Medida estadística utilizada para comparar una magnitud en dos temporales o espaciales distintas, una de las cuales se considera como referencia.
Nivel de significancia	Probabilidad de rechazar una hipótesis nula verdadera.

Regresión

Proceso estadístico para estimar las relaciones entre variables dependientes e independientes, ayuda a entender cómo el valor de la variable dependiente varía al cambiar el valor de la variable independiente.

Rendimiento académico

Evaluación del conocimiento adquirido utilizado para medir las capacidades del estudiante. Capacidad del estudiante para responder a los estímulos educativos.

RESUMEN

El presente estudio busca describir la situación del rendimiento académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, en los cursos a cargo de la Escuela de Ciencias, correspondientes al área básica de todas las carreras de ingeniería.

Dado que, se carece de registros unificados sobre el rendimiento académico del área básica en los últimos cinco años (2010-2015), se hace necesario realizar una evaluación del mismo desde distintos puntos de vista como: área a la que pertenece un curso, tipo de curso, género del estudiante, carrera a la que pertenece el estudiante, entre otros.

Se realizó un análisis global del rendimiento académico, en los cursos a cargo de la Escuela de Ciencias, se utilizó pruebas de hipótesis para diferencia de medias, análisis de varianza de un factor, pruebas de independencia y homogeneidad y análisis de regresión.

Se encontró que la carrera de Ingeniería Química es la que tiene el mejor rendimiento académico de la Facultad de Ingeniería, en los cursos a cargo de la Escuela de Ciencias. También se determinó que el Área de Técnica Complementaria tiene el mejor rendimiento, mientras que el Área de Química General tiene el rendimiento más bajo, en general, las mujeres presentaron un mejor rendimiento que los hombres, en el período estudiado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contexto general

La Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, es la responsable del desarrollo de los cursos del área básica de todas las carreras que ofrece la Unidad Académica. El área básica está conformada por 39 cursos distribuidos en seis áreas y dos departamentos, como se muestra en la tabla I:

Tabla I. **Organización de la Escuela de Ciencias**

Clasificación	Área o Departamento	Número de cursos
Ciencias básicas	Departamento de Matemática	12
	Departamento de Física	8
	Área de Estadística	4
	Área de Química General	2
Complementarias	Área Social Humanística	5
	Área Técnica Complementaria	2
	Área Idioma Técnico	4
	Área Deportes	2

Fuente: elaboración propia.

En el contexto institucional que busca mejorar continuamente la enseñanza en dicha escuela, es necesario conocer de manera global la evolución de los resultados obtenidos por los estudiantes en los cursos del área básica, del año 2010 al 2015. La Dirección de la Escuela de Ciencias requirió un estudio integrado y actualizado acerca de la tendencia del comportamiento del rendimiento académico en dicho período. Los departamentos y áreas llevan un registro interno de los porcentajes de aprobación, reprobación y nota

promedio para los cursos a su cargo, pero tampoco se contaba con información sistematizada.

En el marco de los procesos de acreditación de las carreras de ingeniería, fue necesario investigar de manera continua la evolución de los indicadores del rendimiento académico de los estudiantes de ingeniería, es por ello que, en los cursos del área básica, en el período de 2010 a 2015, se hace una diferenciación por año de ingreso, carrera y género para los 39 cursos que dependen de la Escuela de Ciencias.

La generación de análisis estadísticos integrados, permite conocer las áreas o cursos que resultan más problemáticos para la población estudiantil; así como si la carrera tiene relación o no con la variabilidad del rendimiento académico promedio de los estudiantes, a través del tiempo.

Al conocer los porcentajes globales de aprobación y desaprobación se podrán realizar pronósticos precisos para la demanda que cada curso tendrá en años posteriores. De forma análoga, conocer las diferencias que puedan asociarse a la cohorte de estudiantes en cada carrera, permitirá realizar pronósticos para estimar la demanda relacionada con la repitencia, que tendrán los cursos de la etapa básica.

Se estableció que entre las causas del problema estadístico que se busca resolver se encuentran: la carencia de un registro unificado de los resultados obtenidos en términos de rendimiento académico en los cursos que administra la Escuela de Ciencias; además se identificaron limitantes en la disponibilidad de recursos humanos y físicos, para realizar continuamente estudios globales del rendimiento académico para los cursos del área básica y complementaria.

La falta de estudios continuos que generen los conocimientos cuyo, vacío se describió, limita la toma de decisiones académicas y administrativas para el mejoramiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje, en los cursos de ciencias básicas y del área complementaria; además, se dificulta el estudio posterior de los factores que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes.

Asimismo, el estudio genera resultados de investigación requeridos en los procesos de acreditación de carreras que se impulsan en la Facultad de Ingeniería.

Descripción del problema

La Dirección de la Escuela de Ciencias, como administradora de los cursos del área básica en todas las carreras, requería realizar un estudio acerca del comportamiento evolutivo del rendimiento académico, en los cursos obligatorios y optativos que se imparten en los diferentes departamentos y áreas que la conforman. El análisis estadístico requerido incluyó establecer diferencias en el rendimiento académico promedio por año de ingreso, género, carrera, curso y área.

Formulación del problema

El estudio planteado se orientó hacia la búsqueda de respuestas a las preguntas siguientes:

Pregunta general

¿Cuál es el comportamiento evolutivo de los indicadores del rendimiento académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, diferenciado por año de ingreso, carrera, género, cursos y área de la Escuela de Ciencias, durante el período de 2010 a 2015?

Preguntas auxiliares

1. ¿Cuál es la relación entre los indicadores del rendimiento académico en los 38 cursos del área básica y la carrera de los estudiantes?
2. ¿Cuáles son las diferencias en los indicadores del rendimiento académico de los estudiantes que se asignan un curso del área básica por primera vez, con relación a los alumnos repitentes?
3. ¿Cuáles son las diferencias en los indicadores del rendimiento académico en las diferentes carreras de ingeniería?
4. ¿Cuáles son las diferencias en los indicadores del rendimiento académico en las diferentes áreas y departamentos de la Escuela de Ciencias, impartidos a estudiantes de las distintas carreras de ingeniería?
5. ¿Cuáles son las diferencias en los indicadores del rendimiento académico en los cursos de la etapa básica asociadas al género de los estudiantes?
6. ¿Cuáles son las diferencias en los indicadores del rendimiento académico en los cursos de ciencias básicas y en los cursos complementarios del área básica, diferenciados por su carácter obligatorio u optativo?

Delimitación del problema

Para la realización del estudio del comportamiento evolutivo de los indicadores del rendimiento académico, se trabajó con los registros de notas finales de los 38 cursos impartidos por los departamentos y áreas que conforman la Escuela de Ciencias, a estudiantes de todas las carreras de ingeniería. Se analizaron los resultados obtenidos por los estudiantes del año 2010 al 2015, en el primero y segundo semestre y en los cursos de vacaciones de los meses de junio y diciembre, incluyendo la primera y segunda retrasada de cada semestre. La información analizada fue proporcionada de forma oficial por el Centro de Cálculo de la Facultad de Ingeniería.

OBJETIVOS

General

Describir el comportamiento evolutivo de los indicadores del rendimiento académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, por medio de un análisis estadístico global y estratificado, para determinar las diferencias por carrera, género, cursos y áreas de la Escuela de Ciencias, durante el período de 2010 a 2015.

Específicos

1. Determinar por medio de una prueba de independencia, si los indicadores del rendimiento académico en los 39 cursos del área básica están relacionados con la carrera de los estudiantes.
2. Comparar los indicadores del rendimiento académico de los estudiantes que se asignan un curso del área básica por primera vez con el rendimiento académico de los estudiantes repitentes, por medio del análisis de regresión.
3. Comparar los indicadores del rendimiento académico de los estudiantes, por medio de un análisis de varianza, para determinar si hay diferencias en las carreras de ingeniería.
4. Comparar los indicadores del rendimiento académico de los estudiantes de las distintas carreras de ingeniería, por medio de un análisis de

varianza de un factor, para determinar si hay diferencias entre áreas y departamentos de la Escuela de Ciencias.

5. Comparar los indicadores del rendimiento académico promedio en los cursos del área básica, por medio de pruebas de hipótesis de diferencias de medias, para determinar diferencias asociadas al género de los estudiantes.

6. Comparar los indicadores del rendimiento académico en los cursos de ciencias básicas y cursos complementarios diferenciados por su carácter obligatorio u optativo, por medio de diferencia de medias de muestras independientes y tablas de contingencia, para determinar las diferencias entre ellos.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- **Características del estudio**

El enfoque del estudio propuesto permitió clasificarlo como cuantitativo, ya que buscó realizar mediciones de la variación del comportamiento de los indicadores del rendimiento académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, en los cursos a cargo de la Escuela de Ciencias, por medio de la aplicación de técnicas de la estadística descriptiva y de la estadística inferencial.

Entre los propósitos de la investigación, se buscó describir la evolución de los indicadores del rendimiento académico, así como determinar el grado de asociación de dichos indicadores con variables como la carrera, año de ingreso, curso, área y género de los estudiantes. En consecuencia, el alcance del estudio propuesto es descriptivo y correlacional.

La información acerca de las notas obtenidas por los estudiantes de ingeniería en los cursos a cargo de la Escuela de Ciencias, se analizó en su estado original sin ninguna manipulación, por lo cual el diseño adoptado es no experimental; además, es un estudio longitudinal de tendencia, pues se estudiaron las variaciones de los indicadores del rendimiento de los estudiantes que cursaron materias de la Escuela de Ciencias del año 2010 al 2015.

- **Unidades de análisis**

La población en estudio estaba conformada por los estudiantes de la Facultad de Ingeniería que cursaron asignaturas a cargo de la Escuela de Ciencias del año 2010 al año 2015, la cual se encuentra dividida en subpoblaciones

relacionadas con la carrera y género de los estudiantes. No se realizaron muestreos, sino que se estudió la población en su totalidad.

- **Variables**

Las variables en estudio se describen en la tabla II:

Tabla II. **Variables de estudio**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Género	Conjunto de características diferenciadas que se asignan a hombres y mujeres.	0 = Masculino 1 = Femenino
Carné	Número de carné del estudiante asignado por el Departamento de Registro y Estadística	Número entero
Carrera	Codificación de las Carreras de la Facultad de Ingeniería	01 = Civil 02 = Química 03= Mecánica 04= Eléctrica 05= Industrial 06=Mecánica eléctrica 07=Mecánica industrial 09=Ciencias y sistemas 13= Electrónica 35= Ambiental
Área de la Escuela de Ciencias	Clasificación de los cursos de la Escuela de acuerdo a su rama de estudio, se dividen en 2 departamentos y 6 áreas.	1 = Depto. de Matemática 2 = Depto. de Física 3 = Área de Química General 4= Área de Estadística 5=Área Social Humanística 6= Área Técnica complementaria 7= Área Idioma técnico 8= Área Deportes
Área de la Facultad de Ingeniería	Clasificación de los cursos de acuerdo al catálogo de estudios de FIUSAC.	1 = Básica 4 = Complementaria

Fuente: elaboración propia.

Continuación de tabla II.

Obligatoriedad	Clasificación del curso de acuerdo a si es obligatorio para la carrera.	0 = Optativo 1 = Obligatorio
Aprobados	Proporción de estudiantes aprobados por curso	$\frac{\#alumnos\ aprobados}{\#alumnos\ asignados} * 100$
Reprobados	Proporción de estudiantes reprobados por curso	$\frac{\#alumnos\ reprobados}{\#alumnos\ asignados} * 100$
Promedio por curso	Media de notas finales por curso	Número real
Varianza por curso	Varianza de notas finales por curso	Número real

Fuente: elaboración propia.

Técnicas de análisis de información

- Intervalos de confianza para una población**
 Consiste en calcular un rango de estimación para los parámetros poblaciones utilizando un nivel de confianza dado. Se utilizó para dar un estimado de los promedios por curso.
- Pruebas de hipótesis de media para una población**
 Consiste en probar suposiciones respecto a parámetros, se utilizaron para calcular el rendimiento promedio para los cursos por separado, el rendimiento global, y otros. Permitted enunciar conclusiones sobre los parámetros bajo algunas condiciones.
- Pruebas de hipótesis para diferencia de media de dos poblaciones**
 Consiste en probar suposiciones de las diferencias entre los parámetros de dos poblaciones, se utilizaron para realizar comparaciones de género y de tipo de curso. Se utilizó en aquellas variables como el género del estudiante.

- **Análisis de varianza de un factor**
Análisis realizado con varias poblaciones para determinar si las medias de K poblaciones son iguales, frente a la hipótesis alternativa que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado, se utilizó para comparar el rendimiento por carreras, el rendimiento por áreas y el rendimiento por cursos.
- **Análisis Post Hoc**
Pruebas aplicadas posteriormente al análisis de varianza para determinar cuál o cuáles de las poblaciones tienen una media distinta. Se aplicó en los casos en que se identificó su pertinencia.
- **Análisis de regresión**
El análisis de regresión consiste en establecer un modelo que explique el comportamiento de una variable, a partir de una o más variables independientes entre sí. Se aplicó para relacionar el número de veces que un estudiante se ha asignado un curso contra su rendimiento en dicho curso.
- **Pruebas de independencia**
Pruebas utilizadas para determinar si dos variables tienen relación entre sí, se utilizó para estudiar la relación entre el rendimiento y el género, la carrera y el rendimiento, el rendimiento y el tipo de curso.
- **Pruebas de homogeneidad**
Pruebas utilizadas para determinar si las proporciones son iguales para las variables, se utilizaron para estudiar el comportamiento de los indicadores del rendimiento con respecto a la obligatoriedad de un curso.

- **Análisis gráfico**

Se elaboraron diferentes representaciones gráficas para evidenciar el comportamiento de los indicadores del rendimiento académico, derivados del análisis descriptivo como diagramas de sectores, histogramas, diagramas de cajas, gráficos de dispersión y correlación, entre otros.

- **Software estadístico**

Se utilizó el paquete de software Microsoft Excel 2013, Microsoft Excel 2015, IBM SPSS v.21 y IBM SPSS v.23 para el análisis de datos.

INTRODUCCIÓN

La Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería tiene a su cargo los treinta y nueve cursos del área básica obligatorios y optativos para todas las carreras de ingeniería. La Escuela requirió un análisis de los registros del rendimiento académico de los estudiantes durante los últimos 5 años.

En el presente estudio, se realizó un análisis a profundidad de la tendencia y variación del rendimiento académico desde distintos puntos de vista. Los resultados obtenidos permiten conocer la situación real de los cursos a cargo de la Escuela de Ciencias, el cual apoyará la toma de decisiones y permitirá mejorar la enseñanza en los cursos del área básica.

El análisis se realizó por medio de los métodos de estadísticos, tanto paramétricos como no paramétricos, comparaciones de medias, así como análisis de varianza entre los cursos y entre las áreas.

El informe final está estructurado en cuatro capítulos, el capítulo 1 presenta el fundamento el análisis de los estudios previos acerca del tema. El capítulo 2 cubre los conceptos del rendimiento académico y el fundamento teórico de las técnicas estadísticas a aplicar, pruebas de hipótesis para una y dos poblaciones, análisis de varianza; pruebas de independencia y homogeneidad. En el capítulo 3, se presentan los resultados obtenidos de acuerdo a técnicas y estudios previos presentados en los antecedentes. Finalmente, en el capítulo 4 se presenta la interpretación de los resultados obtenidos.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Estudios previos

El análisis del comportamiento de los indicadores del rendimiento académico de los estudiantes de ingeniería es un componente esencial de los procesos que impulsan el mejoramiento de la calidad educativa a lo largo de la carrera. De forma particular, es importante analizar la evolución en el tiempo, de los resultados que obtienen los alumnos en los cursos que conforman la etapa básica de las diferentes carreras, para identificar las áreas y cursos problemáticos que pueden ocasionar retrasos en el avance en el pensum de estudios.

La revisión de la literatura relacionada con el tema, permitió identificar que el estudio del rendimiento académico de los estudiantes universitarios se ha realizado aplicando diferentes metodologías en función de las condiciones institucionales, los propósitos de las investigaciones y la información que se tiene disponible.

Básicamente, en los estudios analizados se distinguieron tres tendencias: una de ellas se orienta hacia la identificación de los factores que influyen o condicionan el rendimiento académico, considerando variables personales de los estudiantes, condiciones institucionales, características de los docentes y estructura del pensum de estudios, entre otros. En otra tendencia investigativa se identifica el énfasis en la descripción de los indicadores asociados de rendimiento académico, en un momento determinado o bien, en su evolución en un período temporal de interés. Por último, otra tendencia busca implementar

metodologías alternativas de enseñanza, para mejorar los indicadores del rendimiento académico.

En 2012, Parra *et al.* evaluaron el rendimiento académico de una muestra de estudiantes de ingeniería de la Universidad de Antioquia, Colombia; basando la evaluación del rendimiento en el análisis de variabilidad del promedio aritmético obtenido semestralmente por los estudiantes. En este contexto, se analizó la distribución de las notas finales de las materias cursadas, utilizando una ponderación de acuerdo al número de créditos correspondientes a cada curso. Entre los resultados relevantes, identificaron la modalidad de estudio y el modo de ingreso al programa, como los factores de mayor influencia en el rendimiento de los estudiantes. De esta investigación, se obtuvieron referentes para analizar el rendimiento académico poblacional, a partir del promedio de las notas finales obtenidas por los estudiantes, así como el número de créditos acumulado; de estas dos opciones en este trabajo, se adoptó como indicador del rendimiento académico, el promedio semestral de las calificaciones finales obtenidas en los diferentes cursos que administra la Escuela de Ciencias.

Ibarra y Michalus realizaron en el año 2010 un estudio sobre el rendimiento académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina, utilizaron un modelo multivariado de regresión logística para determinar las variables que afectan directamente el rendimiento académico. Para realizar el estudio se tomaron en cuenta factores personales y académicos del estudiante, así como su desempeño académico durante el primer año de universidad. Con base en lo anterior se definieron variables cuantitativas y cualitativas. El estudio tomó en cuenta factores como el género y el número de materias aprobadas por el estudiante.

En el estudio se concluyó que, “los estudiantes varones tienen 5,81 veces menos probabilidad de conseguir un buen rendimiento académico (aprobar al menos 5 materias anuales) que sus pares mujeres” (p. 52). También reportaron que para el promedio en el primer año de la carrera “por cada punto que se incrementa el promedio obtenido en esta etapa aumenta 1,32 veces la probabilidad de alcanzar un buen rendimiento académico en la carrera.” (p. 53). Lo anterior parece indicar que los estudiantes que tienen un buen rendimiento en el primer año de la carrera tienen más probabilidades de obtener buenos resultados en el resto de la misma. El estudio dio la pauta para relacionar el género del estudiante con las notas obtenidas, para determinar cómo varía el rendimiento académico y comprobar si hay diferencia en los resultados obtenidos por hombres y mujeres. Además, aportó referentes para comparar el número de cursos aprobados con el rendimiento promedio anual alcanzado por los estudiantes, que en este caso se limitará a los cursos administrados por la Escuela de Ciencias de FIUSAC.

Hernández de Rincón (2005), realizó un estudio con los estudiantes que cursaron las asignaturas de Matemática en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Zulia, Venezuela. Las variables de estudio fueron el número de estudiantes aprobados, número de estudiantes reprobados, promedio y número de estudiantes desertores; para la recolección de información se elaboró un instrumento el cual se aplicó a los docentes del Departamento de Matemática. En el estudio mencionado, se evaluó el rendimiento académico desde tres puntos de vista: el rendimiento académico por docente, el rendimiento académico por curso y el rendimiento académico por estudiante. Se reporta que el 66 % de los profesores observan una nota promedio por debajo de la nota mínima para aprobar, también se encontró que el número de estudiantes para cada profesor varía de manera considerable, lo cual puede afectar la nota promedio obtenida. Además, se determinó que los estudiantes asignados en

cursos impartidos por el Departamento de Matemática, obtuvieron altos índices de reprobación, en donde un tercio de ellos reprobaron y el 14.6 % de estudiantes desertaron. Lo anterior aportó referentes al presente estudio en el sentido de analizar la evolución del rendimiento académico tomando en cuenta el promedio total por curso a lo largo del período en estudio, para identificar tendencias en este indicador, así como para establecer diferencias entre cursos, año de ingreso, carrera y entre las diferentes áreas que conforman la Escuela de Ciencias.

En el 2012, Oyarzún, G., Estrada, Pino y Oyarzún, M., realizaron un estudio sobre el rendimiento académico desde un enfoque de género con estudiantes de secundaria de la comuna de Punta Arenas, Chile. Se evaluaron aspectos de habilidades sociales mediante un test sociométrico y el rendimiento académico de los estudiantes definido en forma operativa, por medio de las notas globales obtenidas en el año escolar anterior al estudio. Los autores reportan que el rendimiento académico de las mujeres tiende a ser más alto que el de los hombres. Dado que el estudio realizado busca determinar la existencia de diferencias en el rendimiento académico asociadas al género de los estudiantes, lo descrito sirve de referente para contrastar los resultados obtenidos de la presente investigación.

Ruiz, G., Ruiz, J. y Ruiz, E. (2010), realizaron un estudio del rendimiento académico de estudiantes de la carrera de Ingeniería Biomecánica de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Para ello utilizaron cinco variables cuantitativas, midiendo el promedio obtenido, número de exámenes realizados, número de exámenes aprobados, materias aprobadas y avance en la carrera. Aplicaron un análisis factorial para determinar cuáles de las variables tienen mayor incidencia en el rendimiento académico. Estudiaron la relación de una cohorte con el avance y rendimiento general; así como el análisis por

variable. Este estudio dio la pauta para calcular un indicador general del rendimiento académico utilizando variables como el promedio por materia, promedio general y número de cursos aprobados en cada período lectivo.

Mendoza, Visbal y Fontalvo (2013), realizaron un análisis envolvente de datos, expresando que ésta:

“(…) es una técnica que utiliza herramientas de programación lineal para comparar unidades de producción que utilizan el mismo grupo de recursos y producen el mismo grupo de productos, generando la frontera eficiente e indicadores relativos de eficiencia dentro de la población de unidades de producción estudiadas.” (p. 3)

Se comparó el rendimiento relativo de los estudiantes con respecto a la cohorte a la que pertenecen. Se analizaron las calificaciones obtenidas por los estudiantes e información personal de los alumnos. Se consideró que el análisis envolvente de datos permite determinar si los factores externos afectan el rendimiento académico de los estudiantes, sin embargo, se consideró que este tipo de estudio podría realizarse posteriormente a la realización de la presente investigación.

Rodríguez, Fita y Torrado (2004), estudiaron los factores asociados al rendimiento académico de los estudiantes que ingresaron en los años 1998 y 1999 a la Universidad de Barcelona, España. En dicho estudio se analizaron las calificaciones obtenidas durante los dos primeros años de formación, determinando tasas de aprobación, repitencia y deserción. Entre los resultados de interés para el presente estudio, se encontró que, para las carreras que denominan “experimentales”, el rendimiento de las mujeres fue mayor que el de los hombres; por lo cual se tomó como elemento de comparación de los resultados que se obtenidos para la FIUSAC.

En esta misma tendencia investigativa, se encuentra el estudio realizado por Jiménez, Camúñez, González y Fuentes (2015), en el cual analizaron los factores que condicionan el rendimiento académico de estudiantes universitarios en el contexto del Espacio Europeo. Los autores reportaron que no encontraron diferencias significativas relacionadas con el género de los estudiantes, agregando que la mayor relación se observó con los resultados obtenidos en las pruebas de ingreso a la universidad. Los aportes al presente estudio se relacionan con la aplicación del análisis de regresión y de correlación, así como para el contraste de los resultados asociados con el género de los estudiantes.

En el año 2007, Di Grecia realizó un estudio con el propósito de explicar la variabilidad del rendimiento académico de los estudiantes de Ciencias Económicas de la Universidad Mar del Plata, en Argentina, determinando que la cantidad de materias aprobadas en cada período lectivo presentó mayor variabilidad que las calificaciones obtenidas, por lo cual analiza el desempeño académico como una medida de las materias aprobadas.

El estudio realizado tomó en consideración resultados que indican que las mujeres obtienen mejores resultados que los hombres, es decir, existen diferencias positivas asociadas al género femenino. Además, a partir de las diferencias identificadas con relación a la carrera, se analizó si existen diferencias significativas en el rendimiento académico de los estudiantes de las diferentes carreras de ingeniería. Aunque con una metodología claramente diferente de la que se aplicó en el presente estudio, estos resultados sirvieron de referentes para contrastarlos con los resultados obtenidos.

Con relación a estudios realizados en contexto específico de la Facultad de Ingeniería de la USAC, se encontraron tres referentes que se describen a continuación.

Castillo, Bracamonte y Ponciano (2008), realizaron un estudio para mejorar el rendimiento académico en el curso Matemática Básica 1, impartido a todos los estudiantes que ingresan a las diferentes carreras que ofrece la Facultad de Ingeniería. Como punto de partida de dicho estudio, se estableció que en el período comprendido de 1992 a 2006, el rendimiento académico medido a través del porcentaje de aprobación, osciló de una tasa mínima de 3.92 % a 21.17 % en el primer semestre, y de 5.79 % a 26.75 % en el segundo semestre (alumnos repitentes).

Además, se determinó una tendencia al descenso en los últimos cinco años del período indicado. Como resultados de interés se reportó que, luego de implementar una metodología participativa de enseñanza, en el grupo experimental se alcanzó una tasa de aprobación del 71 % con alumnos de primer ingreso y del 52 % con alumnos que repetían el curso.

Estos resultados fueron comparados con los resultados que obtenidos específicamente para el curso Matemática Básica 1 en el período de 2010 a 2015, para identificar diferencias entre los promedios globales y la tendencia del comportamiento evolutivo.

Otro referente importante para el presente estudio, lo constituyó el análisis del rendimiento académico en los cursos del Área de Estadística, realizado por Gaitán (2016), en el cual se describió que en el período de 2010 a 2015, se identificó un nivel bajo de variación de las calificaciones en los diferentes semestres analizados, categorizando el rendimiento académico como estable,

pero bajo, salvo el curso denominado Estadística 2. Adicionalmente, se reportó una débil relación lineal entre la zona acumulada y nota final de los cursos estudiados. Para el presente estudio, fueron relevantes los resultados asociados con el género de los estudiantes, los cuales sirvieron para la comparación e interpretación de los resultados generados.

En 1990, el Sistema de Planificación de Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como resultado de un estudio sobre el rendimiento académico diferenciado por grupo de cursos en la Unidad Académica, reportó la evaluación semestral de índices de aprobación, reprobación y deserción en los cursos de dicha Facultad, en el período comprendido de 1987 a 1989. Los resultados que reportó este estudio sirvieron para comparar la variabilidad de los índices determinados, así como el comportamiento tendencial del rendimiento académico promedio de los estudiantes, en los diferentes períodos y grupos de cursos.

Los estudios previamente descritos constituyeron la base para el análisis del grado de variación y del comportamiento tendencial del rendimiento académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, en los cursos de la etapa básica de las diferentes carreras, en el período de 2010 a 2015.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Rendimiento académico en el nivel superior

La investigación del comportamiento de diversos indicadores del rendimiento académico de los alumnos del nivel superior se ha convertido en una constante preocupación de las universidades, particularmente de las instituciones educativas públicas, que están sujetas a la rendición de cuentas, tanto a la sociedad como a los entes fiscalizadores de la inversión de los fondos asignados a nivel estatal.

Los múltiples y contantes cambios que ocurren a nivel global y local en los diversos contextos sociales, han planteado nuevos escenarios que requieren la transformación de las universidades, al respecto Mora Ruiz (2012) expresa:

El cambio de una universidad de elites a una universidad de masas, la necesidad de mejora, la creciente complejidad de las universidades, la competitividad y la diversificación a nivel internacional y nacional, hacen que los sistemas universitarios deban inclinarse más hacia la satisfacción de las demandas sociales. (p.12)

Dichas demandas sociales se relacionan con la rendición de cuentas, la transparencia en la inversión de los fondos estatales o de otras fuentes, así como la creación de un sistema de información que muestre la evaluación periódica de los procesos formativos que se realizan para mejorar la calidad educativa a nivel terciario. En este contexto, el rendimiento académico se transforma en un indicador de la búsqueda de mejora continua.

Asimismo, las tendencias hacia la acreditación regional de carreras universitarias, impulsan entre los requisitos básicos de la autoevaluación para la mejora, el estudio continuo del rendimiento académico para determinar la eficiencia del proceso de enseñanza, mediante índices de avance, reprobación y deserción, entre otros. (Barroto y Salas, 2004)

En cuanto a la valoración del rendimiento académico del estudiante universitario, Tejedor y García- Valcárcel (2007), perciben que en general, éste presenta falencias que son comunes a diferentes carreras y que se mantienen a lo largo del tiempo, expresando: “(...) dentro del ámbito universitario, podemos afirmar que las bajas notas medias, los altos porcentajes de no presentación a examen o de suspensos y la alta tasa de repetición (años de estudio), no son un fenómeno reciente y se mantienen a lo largo de los últimos años.” (p.445).

Estas posturas, generadas a partir de resultados de investigaciones, explican el creciente interés de las universidades públicas y privadas de diversos países, por resolver el problema del bajo rendimiento en las carreras universitarias. La perspectiva que emerge de esta tendencia investigativa ha generado diversas conceptualizaciones teóricas y operativas que a la vez se asocian con una línea metodológica que inicia con estudios orientados a describir la evolución de diversos indicadores del rendimiento académico a lo largo del tiempo, como base para determinar localmente las variables que mejor logren explicar el comportamiento descrito. Posteriormente y con base en los resultados que se obtienen, se implementan acciones académicas y administrativas para mejorar los procesos formativos.

2.1.1. Conceptualización e implicaciones del rendimiento académico universitario

De acuerdo con Garbanzo (2007), la investigación del rendimiento académico inicia por la aceptación de que dicho constructo es complejo por sus múltiples factores determinantes, por la diversidad de indicadores utilizados en su medición y por las condicionantes institucionales y personales que no son constantes, sino más bien son dinámicas y contextualizadas. Al respecto de ello la investigadora expresa: “El rendimiento académico es la suma de diferentes y complejos factores que actúan en la persona que aprende, y ha sido definido con un valor atribuido al logro del estudiante en las tareas académicas” (p.46)

En la postura descrita, se identificó que el rendimiento académico es un concepto que atañe a la categoría estudiante. Además, con el valor que se le asigna, se asocia el nivel de logro alcanzado, con relación a estándares establecidos con antelación por la institución educativa.

El nivel de logros alcanzados por un conglomerado estudiantil se relaciona con la valoración en diferentes escalas, de las metas propuestas, ya sea una nota mínima de aprobación o bien, la obtención de un número determinado de créditos académicos. Esto se refiere a la medición por distintas vías, del rendimiento académico; de tal manera que una alta valoración (cuantitativa o cualitativa) se asocia con un “alto rendimiento” y de manera análoga una valoración baja del nivel de logros, se asocia con un “bajo rendimiento”; generando entre estas categorías un nivel establecido como el mínimo para considerar aceptable el rendimiento académico.

En estrecha relación con la valoración del rendimiento académico, se alude al éxito académico cuando dicha valoración se interpreta en términos de considerar una materia, un semestre o un pensum de estudios aprobado.

Mientras mayores y más altos niveles de aprobación se obtengan en una materia, carrera o universidad, en investigación se ha denominado al fenómeno como eficacia escolar. En esta concepción, las instituciones educativas del nivel superior más eficaces, serían aquellas donde los indicadores del rendimiento académico son más altos; ya que en dichas instituciones se tendrían los más altos niveles de logro de las metas formativas previamente definidas.

Como complemento a la concepción de las universidades eficaces, en los casos en que el rendimiento académico se puede calificar como bajo o insuficiente para la aprobación, se evidencian situaciones recurrentes de reprobación, repitencia o deserción, las cuales se han asociado con el fenómeno denominado fracaso escolar.

Sintetizando lo anterior, las universidades eficaces serían aquellas en las cuales los niveles de rendimiento académico son más altos y por ende, los niveles de fracaso escolar son más bajos.

Otro aspecto importante de enfatizar es la influencia institucional en la medición del rendimiento académico, tanto en las escalas, instrumentos y ponderación, como en la coherencia que se establece entre la acción docente relacionada con la enseñanza y la evaluación de los aprendizajes.

Por otra parte, los estudiantes universitarios deben realizar actividades académicas de alto nivel cognitivo que implican trabajo individual y grupal en torno a proyectos, ensayos, laboratorios, entre otros.

En el contexto específico de las carreras de ingeniería, la carga académica durante los dos primeros años se centra en la formación inicial sobre

ciencias básicas como Matemática, Física, Química, Estadística, así como conocimientos y habilidades en el uso de recursos tecnológicos.

2.1.1.1. Concepto de rendimiento académico

Mediante el análisis de la literatura acerca del tema, se identifica que existen diferentes concepciones acerca de lo que se entiende por rendimiento académico. En esta investigación, relacionada con el análisis del comportamiento de los indicadores del rendimiento académico de estudiantes de ingeniería, se adoptará el concepto expresado por Pizarro (1985), quien lo refiere como una medida de carácter estimativo del nivel de aprendizaje logrado por un estudiante en el contexto de un proceso formativo.

En la conceptualización que se adopta, se refleja el carácter relativo de la valoración del nivel de logro alcanzado por los estudiantes, en cuanto a estimar los aprendizajes logrados, lo cual puede realizarse desde distintas perspectivas, dependiendo de los propósitos investigativos y de los indicadores que sean elegidos para estudiarlo de forma operativa. A la vez, el concepto incluye un reconocimiento institucional del grado de conocimiento adquirido, otorgado por medio de una calificación (numérica o nominal) por el cuerpo docente.

2.1.2. Indicadores del rendimiento académico universitario

Al analizar el concepto de indicador, específicamente referido a la educación superior, se adopta lo incluido en el documento titulado *Sistema básico de indicadores para la educación superior en América Latina* (2012), en el cual se expresa que un indicador es “un parámetro que permite evaluar de forma cuantitativa la eficacia y/o eficiencia de los procesos”. (p.30).

En el mismo documento citado, se menciona que un indicador debe incluir una descripción precisa, forma de calcularlo e interpretarlo, fuente de los datos,

periodicidad en la que debe ser medido. Además, se advierte sobre la relatividad de la validez de los indicadores, por lo cual deben ser actualizados de manera continua.

En el caso particular de la investigación acerca del rendimiento académico en el nivel superior, éste frecuentemente se estudia en forma operativa a través de las calificaciones finales obtenidas en determinada materia o área disciplinar. Este indicador está asociado con el promedio (aritmético, ponderado o ajustado) de las notas obtenidas durante uno o varios periodos lectivos.

Otro indicador que ha sido frecuentemente analizado, se relaciona con la tasa de aprobación de una materia, la cual se calcula al comparar por medio de un cociente, la cantidad de alumnos aprobados con la cantidad de alumnos inscritos en un curso.

En estrecha relación con tasa de aprobación, se encuentran el índice o tasa de reprobación, tasa de deserción, índice de rezago estudiantil e índice de eficiencia terminal, que de acuerdo con Guzmán (2012) constituyen indicadores del rendimiento académico que “(...) se encuentran entre los problemas más complejos y frecuentes que enfrentan las instituciones de educación superior”. (p.73)

Rodríguez y Ruiz (2011), refieren que otros indicadores utilizados para el estudio del rendimiento académico en el nivel superior, es el número de créditos acumulados por los estudiantes en un período lectivo, así como la razón entre los créditos obtenidos y los créditos asignados; describiendo una tercera forma como la razón entre la cantidad de créditos obtenidos y la cantidad de créditos consignada en el pensum de estudios respectivo. Estos indicadores del

rendimiento académico, proporcionan información acerca del nivel de avance (o de rezago) en el programa de estudios de la carrera en estudio.

En el presente estudio, se adoptan como indicadores del rendimiento académico de los estudiantes de ingeniería en los cursos a cargo de la Escuela de Ciencias, los siguientes:

- Promedio de notas finales y desviación estándar
- Índice de aprobación
- Índice de reprobación

2.2. Análisis estadístico paramétrico

El análisis estadístico paramétrico es aquel que se aplica para realizar inferencias acerca de los parámetros poblacionales con base en estadísticos de una muestra de dicha población. Estos análisis se realizan cuando se tiene certeza que la población estudiada tiene un comportamiento normal.

Las inferencias previamente mencionadas pueden realizarse por medio de estimaciones ya sea puntuales, por intervalos de confianza o por medio de pruebas de hipótesis.

2.2.1. Intervalos de confianza

La estimación de un parámetro poblacional puede realizarse por distintos métodos, el método de estimación por intervalos busca encontrar un rango dentro del cual se encuentre el valor del parámetro con una probabilidad de acierto llamada nivel de confianza.

Los niveles de confianza utilizados generalmente son 99%, 95% y 90%. A la probabilidad de que el parámetro no se encuentre dentro del rango encontrado se denota como α .

Los intervalos de confianza están compuestos por un límite inferior y un límite superior, los mismos se calculan con base a un estimador muestral al que se le suma y se le resta un error. El cálculo de dicho error cambia dependiendo del parámetro que se esté estimando.

Wackerly, Mendenhall y Scheaffer (2010), indican que es posible modificar el ancho del intervalo, lo cual puede realizarse de dos formas: cambiando el nivel de confianza, considerando que a mayor nivel más amplio es el intervalo; también puede realizarse modificando el tamaño de la muestra.

- **Intervalos de confianza para la media con desviación estándar poblacional conocida σ**

Cuando se conoce la desviación estándar poblacional y la muestra que se tiene es de tamaño mayor o igual a 30, se utilizará la distribución normal Z, la estructura del intervalo de confianza parte de la suposición de que el valor para μ se encontrará dentro de los límites de confianza determinados con cierta certeza dada.

Se parte de la distribución poblacional utilizando la siguiente expresión:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Se espera que este valor de Z se encuentre dentro del intervalo, con una confianza de $1-\alpha$; la probabilidad de error se define como α y es la probabilidad de que el intervalo no contenga el valor del parámetro.

La expresión para calcular los límites del intervalo de confianza para la media poblacional es:

$$I.C. \text{ para la media} = \bar{x} \pm Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Como se mencionó con anterioridad, el error de estimación para un intervalo de confianza, indica cuánto se debe desviar el valor del estadístico para encontrar el valor del parámetro. Dependiendo si se trabaja o no con una población finita, se aplicará el factor de corrección correspondiente.

Error de estimación para poblaciones infinitas

$$Error = \pm Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Error de estimación para poblaciones finitas

$$Error = \pm Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad (\text{Ec. 4})$$

2.2.2. Pruebas de hipótesis

El estudio de los parámetros de una población puede realizarse por medio de suposiciones sobre los mismos, para determinar si son o no correctas se desarrollan las pruebas de hipótesis. Las pruebas de hipótesis buscan validar o invalidar una suposición para un parámetro específico, dicha suposición será llamada hipótesis nula, esta suposición siempre debe considerar cierto grado de igualdad. De la misma manera se formula la hipótesis alterna, que supondrá lo contrario a la hipótesis nula.

Anderson, Sweeney & Williams (2008), indican que para elaborar una prueba de hipótesis deben tomarse en consideración los posibles errores en los que se puede incurrir. Se tiene dos tipos de errores, error tipo I y error tipo II.

El error tipo I, denotado por la letra griega α , consiste en rechazar una hipótesis cuando en realidad es verdadera; el error tipo II, denotado con la letra griega β , sería lo contrario, es decir, aceptar una hipótesis que en realidad es falsa.

Las pruebas de hipótesis pueden ser bilaterales, o unilaterales, dependiendo de cómo esté definida la hipótesis alterna. Se realizará un ensayo bilateral cuando se compare con una hipótesis alterna que denote que el parámetro será distinto del supuesto. Se realizará un ensayo unilateral cuando se compare con hipótesis alternas que indiquen que el parámetro será mayor o menor a lo supuesto.

Devore (2005), indica que los pasos básicos para el desarrollo de una prueba de hipótesis son los siguientes:

1. Definir la hipótesis nula H_0
2. Definir la hipótesis alterna H_a o H_1
3. Definir el nivel de significancia, α
4. Definir la zona de rechazo, en base al nivel de significancia y al parámetro estudiado.
5. Calcular el estadístico de prueba de acuerdo al parámetro estudiado.
6. Definir la regla de decisión

La regla de decisión depende de si la prueba realizada es unilateral o bilateral, para las pruebas bilaterales la regla de decisión es: si el estadístico de prueba es mayor que el valor crítico de la cola derecha o si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico de la cola izquierda, se rechaza la hipótesis nula.

Para las pruebas unilaterales se presentan dos casos: el primero es si la prueba es realizada utilizando la cola derecha, en este caso la regla de decisión es que si el estadístico de prueba es mayor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula. Si la prueba se realiza utilizando la cola izquierda, la regla de decisión es: si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula.

2.2.2.1. Pruebas de hipótesis para la media de una población

Las pruebas de hipótesis para la media de una población buscan validar suposiciones sobre el comportamiento de la media con base a una muestra. Se tendrán dos casos: cuando se conozca σ y se tenga una muestra de tamaño mayor o igual a 30 y cuando se desconozca σ y se tenga una muestra de tamaño menor a 30.

El autor anteriormente citado indica que cuando se trabaja con lo que se denomina muestras grandes, o de tamaño mayor a 30, se puede decir que los datos se comportarán normalmente, por lo que se utilizará un valor de Z teórico, calculado por medio del nivel de significancia y un estadístico de prueba Z, utilizando la siguiente expresión:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \quad (\text{Ec. 5})$$

donde:

\bar{x} =Media muestral

μ_0 = Media poblacional supuesta

σ = Desviación estándar de la población

n = Tamaño de la muestra

En caso que se conozca el tamaño de la población, se hace necesario aplicar un factor de corrección finita $\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$, donde N es el tamaño de la población.

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}} \quad (\text{Ec. 6})$$

2.2.2.2. Pruebas de hipótesis para la diferencia de medias de dos poblaciones

Un ensayo de hipótesis para la diferencia entre dos medias, busca validar una suposición sobre la comparación de los promedios de dos poblaciones independientes, lo cual ayudará a conocer el comportamiento de las medias para las dos poblaciones.

Al igual que los ensayos de una población, la hipótesis nula siempre considera la igualdad, puede denotarse con las comparaciones $\leq; \geq o =$. Para identificarla se pueden buscar expresiones como el mínimo, el máximo, a lo sumo, por lo menos, entre otros.

La hipótesis alterna expresa lo opuesto a la hipótesis nula, por lo que nunca incluirá la igualdad, puede denotarse con las comparaciones $<; > o \neq$. Para identificarla se pueden buscar expresiones como, más, menos, mayor, menor, difiere de, distinto de, incrementa, decrece, entre otros. Es la hipótesis alterna la que indicará si el ensayo es a dos o una cola, así como si se utilizará la cola derecha o la cola izquierda.

- **Pruebas de hipótesis para la diferencia entre dos medias con σ^2_1 y σ^2_2 conocidas**

Se realiza este tipo de ensayo cuando se tienen muestras mayores o iguales a 30 y, además los valores de las varianzas poblacionales son conocidos. Se utiliza la distribución normal para la validación de las hipótesis. Para este tipo de ensayo debe definirse un valor d_o , el mismo representa la diferencia supuesta entre las medias de las dos poblaciones. Wackerly, Mendenhall & Scheaffer (2010), indican que para calcular el estadístico de prueba, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_o}{\sigma_{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}} \quad (Ec. 7)$$

donde:

$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ = Diferencia entre las medias muestrales.

d_o = Diferencia supuesta de las medias poblacionales.

$\sigma_{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}$ = Desviación de la distribución muestral de diferencias.

La desviación de la distribución muestral correspondiente a la diferencia entre las se describe para dos posibles casos:

Población infinita	Población finita
$\sigma_{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)} = \sqrt{\frac{\sigma^2_1}{n_1} + \frac{\sigma^2_2}{n_2}} \quad (Ec. 8)$	$\sigma_{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)} = \sqrt{\frac{\sigma^2_1}{n_1} * \left(\frac{N_1 - n_1}{N_1 - 1}\right) + \frac{\sigma^2_2}{n_2} * \left(\frac{N_2 - n_2}{N_2 - 1}\right)} \quad (Ec. 9)$

2.2.3. Análisis de varianza

Las pruebas de hipótesis pueden realizar comparaciones de un parámetro para un máximo de dos poblaciones a la vez, pero en algunos casos se hace necesario realizar una comparación de tres o más poblaciones simultáneamente. El método de análisis de varianza (ANOVA) es utilizado

específicamente para determinar si las medias de tres o más poblaciones son iguales o distintas.

Webster (2000, p. 273), indica que “Para la aplicación de ANOVA son esenciales tres suposiciones:

- Todas las poblaciones involucradas son normales
- Todas las poblaciones tienen la misma varianza.
- Las muestras se seleccionan independientemente.”

2.2.3.1. Análisis global de varianza de un factor

El análisis de varianza de un solo factor se aplica en el caso de varias poblaciones, para evaluar el efecto de un factor cuyo estudio es de interés, en diferentes niveles. Dicho análisis debe considerar la variación entre las muestras, así como la variación a lo interno de las muestras. En síntesis, este análisis es la comparación entre estos dos tipos de variaciones por medio de la distribución F de Fisher, la que indicará si las medias son iguales o distintas.

El análisis de varianza de un factor se puede resumirse en la tabla III:

Tabla III. Análisis de varianza de un factor

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F
Tratamiento		SCTR	c-1	$\frac{SCTR}{c-1}$	$\frac{CMTR}{CME}$
Error		SCE	n-c	$\frac{SCE}{n-c}$	
Variación total		SCT	n-1		

Fuente: Adaptado de Webster (2000, p.p.281)

Asimismo, Webster (2000), establece que el análisis de varianza requiere determinar la suma de cuadrados relacionada con la variación entre los tratamientos o muestras y la suma de cuadrados asociada con la variación dentro de cada muestra, para determinar la variación total de la suma de cuadrados. Los mismos se calculan utilizando la siguiente expresión.

$$SCT = SCTR + SCE \text{ (Ec. 10)}$$

La suma de cuadrados total es la variación de todas las observaciones alrededor de la gran media, es decir, la media de todas las medias.

$$SCTR = \sum r_j (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2 \text{ (Ec. 11)}$$

donde:

r_j = Número de observaciones de cada tratamiento

\bar{X}_j =Media de cada tratamiento

$\bar{\bar{X}}$ =Gran media

En cuanto a la interpretación de los cálculos, se tiene que la suma de cuadrados de los tratamientos estima la variación de los tratamientos alrededor del promedio total.

$$SCE = \sum \sum (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \text{ (Ec. 12)}$$

donde:

X_{ij} =Observaciones de cada tratamiento

\bar{X}_j =Media de cada tratamiento

De manera análoga, la suma de cuadrados del error mide la variación de todos los elementos de cada tratamiento, con respecto a la media de dicho tratamiento.

A partir de lo anterior, es posible determinar los grados de libertad para los tratamientos, para el error y los grados de libertad totales. Dicha determinación toma en consideración el número total de observaciones n , así como el número de tratamientos c . Las expresiones para calcular los grados de libertad son las siguientes:

g.l. para SCTR= $c - 1$ (Ec. 13)

g.l. para SCE= $n - c$ (Ec. 14)

g.l. para SCTR= $c - 1$ (Ec. 15)

El valor de F de Fisher se calcula por medio de los cuadrados medios, los mismos no son más que la suma de cuadrados dividido por sus respectivos grados de libertad.

A partir de establecer el nivel de significancia que se usará y determinar los grados de libertad del error, se adopta como regla de decisión lo siguiente:

- Se acepta la hipótesis de igualdad de medias si el valor F de Fisher calculado, es menor que el valor teórico establecido.
- Se rechaza la hipótesis de igualdad de medias si el valor F de Fisher es mayor que el valor teórico.

2.2.4. Análisis no paramétrico

En algunos casos desconoce el comportamiento de la población estudiada, no se sabe si se comporta o no como una distribución normal, en dichos casos se hace necesario aplicar otro tipo de análisis, el cual se conoce como análisis no paramétrico.

Webster (2000, p.465), define las pruebas no paramétricas como “Procedimientos estadísticos que pueden utilizarse para contrastar hipótesis cuando no son posibles los supuestos respecto a los parámetros o a las distribuciones poblacionales.”

2.2.5. Análisis Post Hoc

Estas pruebas estadísticas se realizan cuando a partir de los resultados del análisis de varianza, se rechaza la hipótesis de igualdad de las medias poblacionales en estudio. Su propósito esencial es identificar cuál o cuáles de las poblaciones tienen una media distinta.

Las pruebas Post Hoc comparan pares de medias de las poblaciones para identificar la media distinta. Las pruebas más utilizadas son la prueba de Tukey y la prueba de Duncan.

- **Prueba de Tukey**

Se aplica para comparar las medias de varias poblaciones en estudio. La prueba de Tukey realiza un análisis comparativo de todas las medias, considerando todos los posibles pares de medias. Walpole, Myers, & Ye (2012, p. 526), expresan lo siguiente sobre la prueba: “El método se basa en la distribución del rango estudentizado. El punto apropiado del percentil es una función de α , k y $v =$ grados de libertad para s^2 .”

El procedimiento de la prueba consiste en comparar el valor absoluto de cada diferencia de medias con el criterio calculado de Tukey, el mismo se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$T = q_{\alpha, n-c} \sqrt{\frac{CME}{r}} \quad (\text{Ec. 16})$$

donde:

$q_{\alpha, n-c}$ = Valor de Tukey con significancia alfa y n-c grados de libertad.

CME = Cuadrado medio del error

r = Número de observaciones por tratamiento

Como regla de decisión para determinar si las medias en comparación son iguales o son distintas, se tiene que:

- Las medias son distintas si el valor absoluto de la diferencia de medias es mayor que el criterio de Tukey.
- Se acepta la igualdad de las medias, si por el contrario el valor absoluto de la diferencia de medias es menor que el criterio de Tukey

- **Prueba de Duncan**

Esta prueba es parecida a la prueba de Tukey, la diferencia consiste en que la prueba de Duncan en vez de comparar un solo valor, se incluyen varios rangos de comparación.

La fórmula para calcular los criterios de comparación de Duncan es la siguiente:

$$R_p = r_p \sqrt{\frac{CME}{n}} \quad (17)$$

donde:

r_p = Valor de Duncan con significancia alfa y n-c grados de libertad.

CME = Cuadrado medio del error.

n = Número de observaciones por tratamiento.

La regla de decisión es análoga a la regla que se aplica en la prueba de Tukey, ya que considera el valor absoluto de la diferencia de medias, estableciendo que, si dicho valor es mayor que el rango de comparación de Duncan, las medias son distintas; de forma complementaria, se tiene que si el valor absoluto calculado es menor, se concluye que las medias son iguales.

- **Prueba de Games-Howell**

La prueba de Games-Howell al igual que las pruebas de Tukey y de Duncan, permiten determinar los tratamientos diferentes después de un análisis de varianza. Esta prueba puede utilizarse cuando las varianzas no sean homogéneas y los tamaños muestrales sean desiguales. La prueba de Games-Howell utiliza rangos estudentizados para calcular un valor de la distribución t-Student. Es una de las pruebas post hoc que mejor controla la tasa de error.

2.2.6. Pruebas de independencia

Cuando se desea comparar la relación entre dos variables distintas, tratando de determinar si son independientes entre sí, se hace necesario aplicar un tipo distinto de análisis estadístico que permita la comparación de las variables.

La independencia entre dos variables se puede probar por medio de una prueba que se basa en la comparación de las frecuencias observadas para las variables y de las respectivas frecuencias esperadas.

La estructura de una prueba de independencia es la misma que para las pruebas de hipótesis utilizadas en el análisis paramétrico. En este caso, las hipótesis nula y alternativa no tomarán en cuenta si se supone que sea igual, mayor o igual, o menor o igual, sino que se busca comprobar la independencia

entre las dos variables dadas; por lo mismo la hipótesis alternativa plantea que las variables no son independientes.

Previo al desarrollo de la prueba, se requiere establecer el nivel de significancia, entendido como la probabilidad de rechazar la hipótesis nula, siendo ésta verdadera.

Walpole, *et al.* (2012), indican que el cálculo de las frecuencias esperadas, se realiza por medio de las frecuencias marginales, los totales por fila y columna, y el número total de observaciones.

$$f_e = \frac{(total\ fila) * (total\ columna)}{total\ observaciones} \quad (\text{Ec. 18})$$

Las pruebas de independencia se realizan por medio de la distribución de Chi-cuadrado.

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (\text{Ec. 19})$$

donde:

f_o = Frecuencia observada para cada celda

f_e = Frecuencia esperada para cada celda

Para calcular el valor crítico se considera el nivel de significancia establecido y los grados de libertad calculados con relación al número de filas y de columnas dadas, por medio de la siguiente expresión:

$$v = (r - 1) * (c - 1) \quad (\text{Ec. 20})$$

La conclusión deriva directamente de la aceptación o rechazo de la hipótesis nula, en el siguiente sentido: las variables en estudio son

independiente si H_0 es aceptada; mientras que, si la hipótesis nula es rechazada, las variables son dependientes.

2.2.7. Pruebas de homogeneidad

Las pruebas de homogeneidad se desarrollan de igual manera que las pruebas de independencia, únicamente difieren en la definición de las hipótesis nula y alternativa.

Los autores anteriormente citados, exponen que, a diferencia de las pruebas de independencia, en las que se busca determinar si existe o no relación entre variables, las pruebas de homogeneidad buscan determinar si las proporciones son iguales para las variables, se busca establecer si éstas son homogéneas.

El valor para Chi Cuadrado se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (\text{Ec. 21})$$

Si la hipótesis nula es aceptada se podrá decir que las variables se comportan homogéneamente, si la hipótesis nula es rechazada se puede decir que las variables no se comportan homogéneamente.

2.2.8. Pruebas de normalidad

En muchos casos es necesario saber si la población estudiada se comporta como una distribución normal, para ello puede aplicarse una prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Siegel y Castellan (1995), indican que la prueba de Kolmogorov-Smirnov se basa en la diferencia entre las frecuencias relativas acumuladas de una distribución teórica dada, en este caso la distribución normal, y las frecuencias relativas acumuladas de una muestra.

El procedimiento de la prueba es el siguiente: se determina la diferencia entre las frecuencias relativas acumuladas teóricas esperadas y las frecuencias relativas acumuladas observadas en valor absoluto, se escoge la mayor de dichas diferencias y se compara con un valor teórico de referencia. Las diferencias están dadas por la siguiente expresión:

$$D = \max |F_o(x_i) - S_N(x_i)| \quad i = 0,1,2 \dots N \quad (Ec. 22)$$

donde:

$F_o(x_i)$ es la frecuencia teórica esperada

$S_N(x_i)$ es la frecuencia observada de la muestra

$$k - s = \frac{1.64}{\sqrt{n}} \quad \text{para } 5\% \text{ y } n > 35 \quad (Ec. 23)$$

2.2.9. Prueba de correlación

Las pruebas de correlación entre dos variables se aplican para determinar qué tan fuerte es el grado de asociación entre ellas. Uno de los métodos estadísticos más utilizados es el del coeficiente de correlación de Spearman. Siegel y Castellan (1995, p.272) lo definen como: “Es una medida de asociación entre dos variables que requiere que ambas estén medidas en al menos una escala ordinal, de manera tal que los objetos o individuos en estudio puedan ser colocados en rangos en dos series ordenadas.”

Para el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman, se requiere establecer inicialmente el número de observaciones a evaluar y asignar el rango para las dos variables de estudio, ordenadas en forma ascendente.

Luego, es necesario calcular la diferencia entre los rangos para todas las observaciones, también es necesario calcular el cuadrado de dichas diferencias. El coeficiente de correlación de Spearman, se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$r_s = 1 - \frac{6 * \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N} \quad (\text{Ec. 24})$$

donde:

d_i^2 = Diferencias entre rangos al cuadrado.

N = Número de observaciones en estudio.

2.2.10. Análisis de regresión

El análisis de regresión consiste en la estimación de los valores de una variable, a partir de una o más variables independientes. La regresión también busca realizar predicciones sobre el comportamiento de una variable basándose en los valores de otra variable, donde la primera depende de la segunda.

- **Método de mínimos cuadrados**

Al calcular valores mediante un modelo de regresión, habrá diferencias entre los valores generados por el modelo y los valores reales proporcionados. Esas diferencias o desviaciones se denotan por **D**. El modelo de mejor ajuste es aquel en el que se cumple que $D_1^2 + D_2^2 + D_3^2 + \dots + D_n^2$ es mínimo. Una curva o modelo que cumpla con esta condición es llamada curva o modelo de mínimos cuadrados. (Siegel y Castellan, 1995)

La recta de mínimos cuadrados tiene la siguiente forma:

$$y = b_0 + b_1x = a + bx \quad (\text{Ec. 25})$$

donde:

b_0 o a = Intercepto en Y.

b_1 o b = Pendiente de la recta.

Las fórmulas que son utilizadas para calcular la recta de mínimos cuadrados son las siguientes:

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (\text{Ec. 26})$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (\text{Ec. 27})$$

donde:

x = Datos de la variable independiente.

y = Datos de la variable dependiente.

n = Número de pares de datos que conforman la muestra.

Al obtener el modelo de regresión lineal es posible calcular la varianza que el mismo tendrá, dado que el modelo se calcula con base a una muestra, es necesario conocer qué tanto varía si se toma toda la población. La varianza se calculará utilizando las siguientes fórmulas:

$$S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad (\text{Ec. 28})$$

$$S_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \quad (\text{Ec. 29})$$

$$S_{xy} = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n} \quad (\text{Ec. 30})$$

La varianza del modelo se calcula por medio de la expresión:

$$S^2 = \frac{S_{yy} - bS_{xy}}{n - k - 1} \quad (\text{Ec. 31})$$

donde:

k = Número de variables independientes del modelo

b = Pendiente del modelo de regresión lineal

- **Coefficiente de correlación lineal**

De acuerdo con Webster (2000), la correlación es el grado en el que los valores de dos variables satisfacen exactamente una ecuación, estimando qué tanto se acercan a la misma, la fórmula para calcularlo es:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (\text{Ec. 32})$$

Otra fórmula que puede utilizarse es:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_{xx}S_{yy}} \quad (\text{Ec. 33})$$

Los valores del coeficiente r deben estar entre -1 y 1, mientras más cerca esté de dichos valores mejor será el ajuste del modelo.

- **Modelo matricial**

Otro método para calcular una curva de regresión es el modelo matricial, las matrices se construirán por medio de los datos proporcionados. El modelo estará dado por la siguiente expresión.

$$\vec{\beta} = (x^T x)^{-1} x^T y \quad (\text{Ec. 34})$$

Las matrices utilizadas para el cálculo de los coeficientes del modelo se presentan a continuación:

$$x = \begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_n \end{bmatrix} \quad (\text{Ec. 35}) \quad y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (\text{Ec. 36})$$

$$x^T x = \begin{bmatrix} n & \sum x \\ \sum x & \sum x^2 \end{bmatrix} \quad (\text{Ec. 37}) \quad x^T y = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum xy \end{bmatrix} \quad (\text{Ec. 38})$$

$$\vec{\beta} = (x^T x)^{-1} x^T y = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (\text{Ec. 39})$$

$$(x^T x)^{-1} = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{01} \\ C_{10} & C_{11} \end{bmatrix} \quad (\text{Ec. 40})$$

$$S^2 = \frac{Y^T Y - \vec{\beta}^T (X^T Y)}{n - k - 1} \quad (\text{Ec. 41})$$

$$r^2 = \frac{\vec{\beta}^T (X^T Y) - n \bar{Y}^2}{Y^T Y - n \bar{Y}^2} \quad (\text{Ec. 42})$$

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Análisis descriptivo previo

En la fase inicial, se realizó un análisis descriptivo de la base de datos para caracterizar la población en estudio. Se tiene un total de 272, 449 registros de asignaciones para cursos de la Escuela de Ciencias de la Facultad de Ingeniería en el período del año 2010 al 2015, se analizaron los registros del primer y segundo semestre, con sus respectivos primer y segundo examen de recuperación, curso de vacaciones del primer semestre y curso de vacaciones del segundo semestre.

Antes de realizar cualquier análisis se hizo necesario definir los cursos que serían analizados, como se mencionó con anterioridad, a la Escuela de Ciencias pertenecen 39 cursos que se agrupan en seis áreas y dos departamentos, dicha distribución incluyendo el código y nombre de curso se presenta en la tabla IV.

Tabla IV. **Distribución de la Escuela de Ciencias**

Área o departamento	Código y nombre de curso
Departamento de Matemática	101 Matemática Básica 1
	103 Matemática Básica 2
	107 Matemática Intermedia 1
	112 Matemática Intermedia 2
	114 Matemática Intermedia 3
	118 Matemática Aplicada 1
	120 Matemática Aplicada 2
	116 Matemática Aplicada 3
122 Matemática Aplicada 4	

Fuente: elaboración propia.

Continuación de tabla IV.

Departamento de Matemática	123 Matemática Aplicada 5
	960 Matemática para Cómputo 1
	962 Matemática para Cómputo 2
Departamento de Física	147 Física Básica
	150 Física 1
	152 Física 2
	154 Física 3
	156 Física 4
	170 Mecánica Analítica 1
	172 Mecánica Analítica 2
	173 Análisis Mecánico
Área de Social Humanística	017 Social Humanística 1
	019 Social Humanística 2
	010 Lógica
	018 Filosofía de la Ciencia
	001 Ética profesional
Área de Técnica Complementaria	069 Técnica Complementaria 1
	071 Técnica Complementaria 2
Área de Química	348 Química General 1
	352 Química General 2
Área de Estadística	732 Estadística 1
	734 Estadística 2
	737 Estadística 3
	736 Análisis probabilístico
Área de Deportes	039 Deportes 1
	040 Deportes 2
Área de Idioma Técnico	006 Idioma Técnico 1
	008 Idioma Técnico 2
	009 Idioma Técnico 3
	011 Idioma Técnico 4

Fuente: elaboración propia.

El primer análisis realizado fue el de las asignaciones para cada área que integra la Escuela de Ciencias durante cada año del período antes mencionado, cuyos resultados se presentan en la tabla V.

Tabla V. **Asignaciones por área y por año**

	Año						Total
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Matemática	15555	16849	14729	16600	16027	15664	95 424
Física	10447	10840	10018	10842	10932	10393	63 472
Estadística	4205	4312	3777	3841	3557	3184	22 876
Química	2287	2897	1966	2432	2040	2035	13 657
Social Humanística	6262	7023	5821	5956	5430	5622	36 114
Idioma Técnico	2405	2950	3271	3697	3157	3257	18 737
Deportes	1851	1990	1677	2059	1687	1782	11 046
Técnica Complementaria	1565	2162	1814	2064	1600	1918	11 123
Total	44 577	49 023	43 073	47 491	44 430	43 855	272 449

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que las asignaciones anuales se mantienen bastante estables, sin embargo, sí hay diferencias grandes entre áreas, lo cual se asocia con el número de cursos a cargo de cada una y si los cursos se imparten en todos los períodos o solamente en algunos semestres y sus respectivos exámenes de recuperación.

El siguiente análisis realizado fue el número de asignaciones por género para cada carrera.

Tabla VI. **Asignaciones por género y carrera**

	Género		Total
	Femenino	Masculino	
Ingeniería Ambiental	1427	1271	2698
Ingeniería Civil	7752	39503	47255
Ingeniería Eléctrica	248	12777	13025
Ingeniería Electrónica	1165	21481	22646

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla VI.

Ingeniería en Ciencias y Sistemas	6939	53421	60360
Ingeniería Industrial	15660	40513	56173
Ingeniería Mecánica	295	13115	13410
Ingeniería Mecánica Eléctrica	450	10985	11435
Ingeniería Mecánica Industrial	1139	19503	20642
Ingeniería Química	12349	12456	24805
Total	47424	225025	272449

Fuente: elaboración propia.

La tabla VI indica que hay carreras que están muy desequilibradas en sus proporciones de hombres y mujeres, como Ingeniería Mecánica e Ingeniería Eléctrica y otras en las que las proporciones son iguales como Ingeniería Química.

Se evaluó el rendimiento académico promedio por área a lo largo del tiempo, desde el año 2010 al año 2015, tomando en cuenta primer y segundo semestre, primer y segundo examen de recuperación del primer y segundo semestre y curso de vacaciones de junio y diciembre, los resultados generales se presentan en la tabla VII, correspondiendo a una escala de 0 a 100 puntos:

Tabla VII. **Rendimiento académico promedio por área, por año**

Área o departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Deportes	38.53	35.92	50.57	49.14	47.59	59.88	46.94
Estadística	46.45	45.71	50.92	50.87	51.39	48.59	48.99
Física	42.41	42.75	44.34	44.48	45.55	44.74	44.04
Idioma Técnico	60.56	55.61	59.12	61.06	58.29	58.29	58.82
Matemática	49.28	47.13	51.66	49.87	50.78	49.68	49.73

Fuente: elaboración propia.

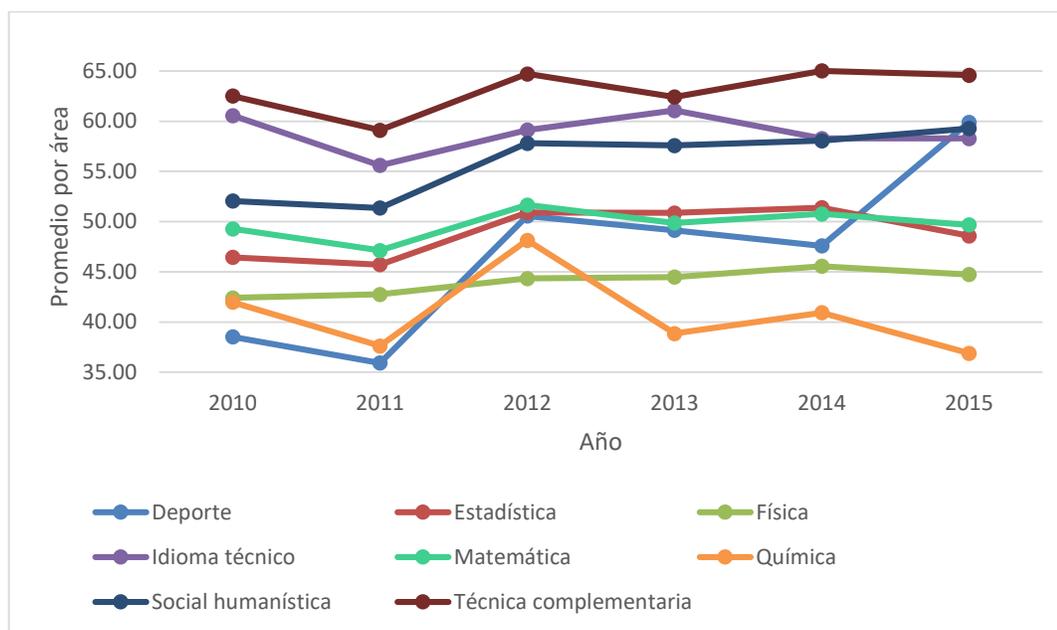
Continuación de tabla VII.

Química General	41.97	37.63	48.14	38.85	40.93	36.90	40.74
Social Humanística	52.06	51.36	57.81	57.58	58.06	59.29	56.03
Técnica Complementaria	62.51	59.10	64.71	62.41	65.01	64.59	63.05
Total	48.04	46.66	51.64	50.51	50.90	50.77	49.76

Fuente: elaboración propia.

La tendencia de los rendimientos promedio presentados en la tabla anterior puede observarse en la figura 1, en el cual se puede notar que el área con el mejor rendimiento promedio es la de Técnica complementaria y el área con el rendimiento promedio más bajo es el área de Química General. Casi todas presentan un rendimiento promedio constante excepto por el área de Deporte, que mostró una mejora al igual que el área de Social Humanística.

Figura 1. Rendimiento promedio por área, por año



Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Análisis de tendencia para rendimiento promedio, por área, por año**

Área o departamento	rs	TC	Tt	Interpretación
Deportes	0.71	2.04	2.78	Si hay una tendencia positiva significativa
Estadística	0.54	1.29	2.78	Si hay una tendencia positiva significativa
Física	0.94	5.659	2.78	No hay una tendencia significativa
Idioma Técnico	0.23	0.47	2.78	Si hay una tendencia positiva significativa
Matemática	0.43	0.949	2.78	Si hay una tendencia positiva significativa
Química General	0.49	1.111	2.78	Si hay una tendencia positiva significativa
Social Humanística	0.89	3.816	2.78	No hay una tendencia significativa
Técnica Complementaria	0.49	1.111	2.78	Si hay una tendencia positiva significativa
Total	0.54	1.293	2.78	Si hay una tendencia positiva significativa

Fuente: elaboración propia.

El análisis de tendencia por medio de la prueba de Spearman con un nivel de significancia del 5 % dio los resultados presentados en la tabla XVIII, se encontró que únicamente el departamento de Física y el área Social Humanística no presentan una tendencia positiva estadísticamente significativa.

En el análisis por período lectivo se obtuvo el rendimiento promedio para los 8 períodos estipulados por la Facultad de Ingeniería, primer semestre, segundo semestre, primera retrasada de primer semestre, segunda retrasada de primer semestre, primera retrasada de segundo semestre, segunda retrasada de segundo semestre, vacaciones de junio y vacaciones de diciembre.

Tabla IX. **Promedio por área, por período**

Área o departamento	1S	R1 1S	R1 2S	R2 1S	R2 2S	2S	VJ	VD	Total
Deportes	43.41	59.83	64.25	62.00	67.53	56.38			46.75
Estadística	41.58	56.07	56.77	53.09	53.99	41.77	58.70	56.57	48.96
Física	36.28	54.47	56.52	51.90	53.05	40.61	51.99	50.57	44.20

Fuente: elaboración propia.

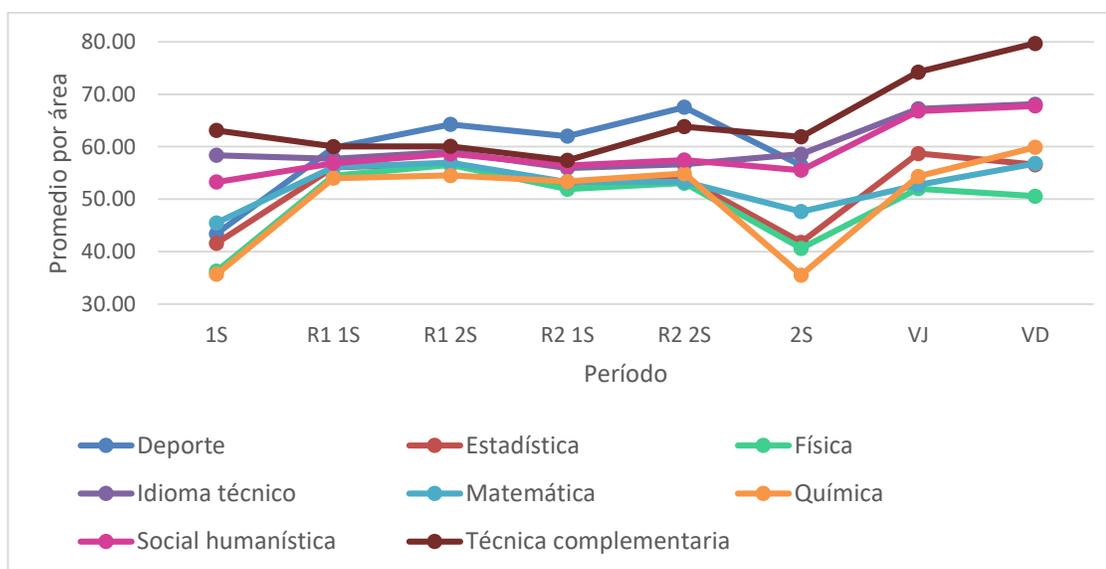
Continuación de tabla IX.

Idioma técnico	58.36	57.68	59.03	55.94	56.62	58.59	67.23	68.10	58.80
Matemática	45.47	56.12	56.96	53.27	53.33	47.61	52.68	56.79	49.78
Química General	35.67	54.00	54.50	53.36	54.86	35.50	54.34	59.88	40.65
Social Humanística	53.28	56.85	58.65	56.40	57.47	55.50	66.79	67.76	55.85
Técnica Complementaria	63.10	60.03	60.07	57.40	63.83	61.90	74.24	79.69	62.90
Total	46.37	56.06	57.29	54.00	54.72	47.91	54.24	55.49	49.80

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento de los rendimientos promedio presentados en la tabla anterior puede observarse en la figura 2. Las áreas con mayor y menor rendimiento promedio siguen siendo Técnica Complementaria y Química General, respectivamente; dicho comportamiento es similar para todas las áreas, observando un claro descenso en el segundo semestre, en todas las áreas mientras que durante los cursos de vacaciones los valores promedio aumentan en todas las áreas.

Figura 2. Rendimiento promedio por área, por período



Fuente: elaboración propia.

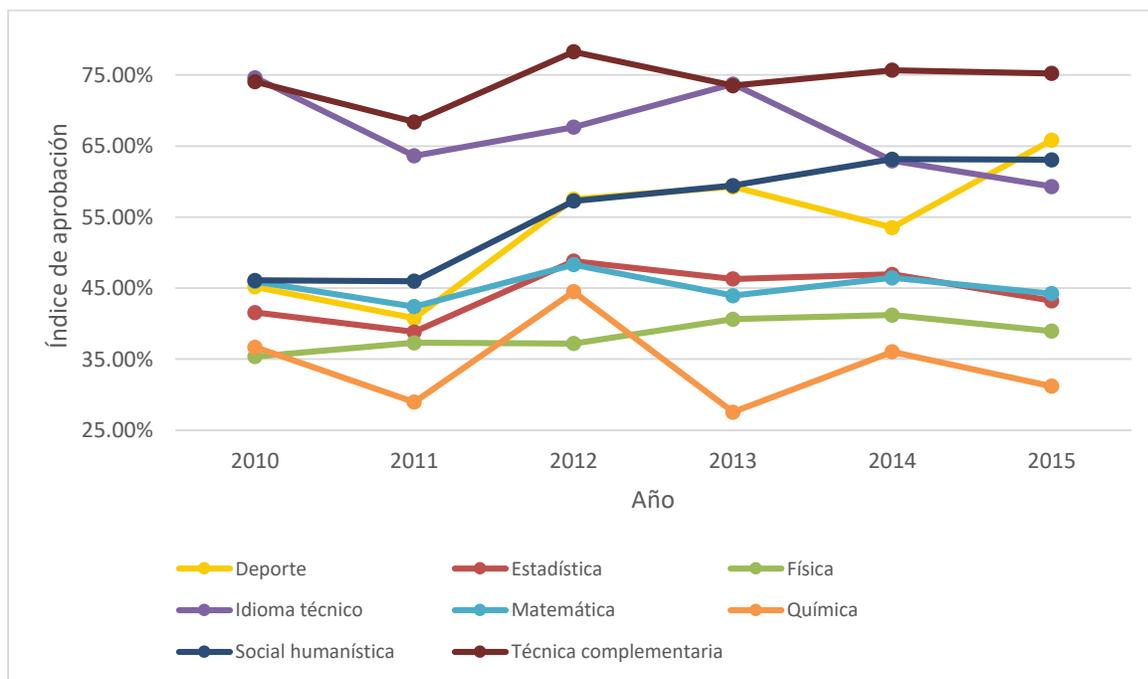
Se realizó un análisis del rendimiento utilizando el índice de aprobación por área y por año, los resultados se presentan en la tabla X.

Tabla X. Índice de aprobación anual por área

Área o departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Deporte	45.16%	40.75%	57.54%	59.25%	53.53%	65.82%	53.49%
Estadística	41.57%	38.85%	48.80%	46.29%	46.95%	43.22%	44.11%
Física	35.36%	37.32%	37.20%	40.63%	41.21%	38.94%	38.48%
Idioma técnico	74.64%	63.63%	67.66%	73.74%	62.94%	59.32%	66.87%
Matemática	45.95%	42.39%	48.32%	43.95%	46.45%	44.24%	45.14%
Química	36.69%	28.96%	44.51%	27.55%	36.03%	31.20%	33.63%
Social humanística	46.09%	45.98%	57.28%	59.44%	63.15%	63.07%	55.28%
Técnica complementaria	74.06%	68.41%	78.28%	73.50%	75.69%	75.23%	73.98%
Total	45.10%	43.04%	49.90%	48.75%	49.26%	48.07%	47.28%

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Índice de aprobación anual por área



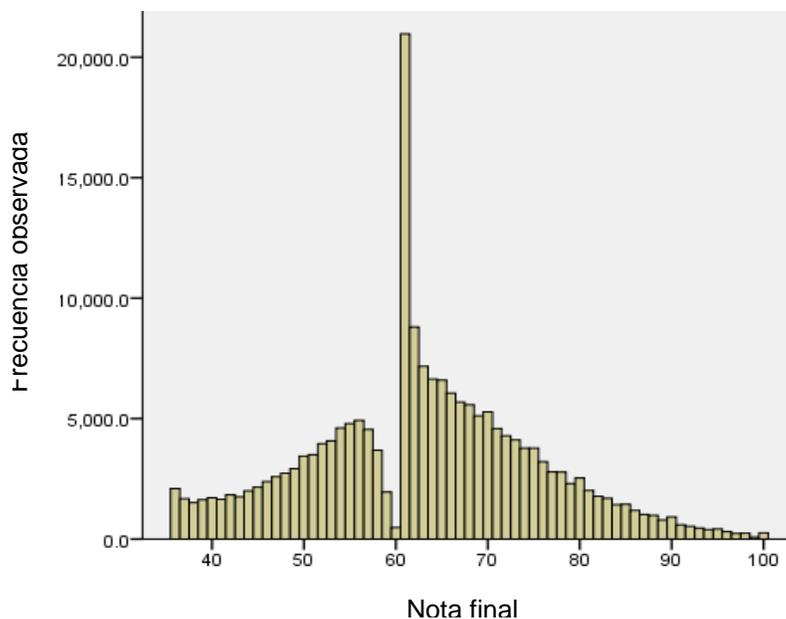
Fuente: elaboración propia.

Las tendencias de los índices de aprobación se pueden observar en la figura 3. El área de Técnica Complementaria tiene los porcentajes de aprobación más altos, mientras el área de Química General tiene los más bajos. Puede observarse que en la mayoría de las áreas se mantiene bastante constante excepto por Química y Deporte.

El siguiente paso fue analizar la normalidad de la distribución de los datos, primero se realizó un histograma de las notas finales para determinar si las mismas se distribuían de acuerdo a una distribución normal, luego se realizó una prueba de Kolmogorov-Smirnov con un nivel de significancia del 5 %.

En la figura 4 se observa que la mayor frecuencia corresponde a la nota mínima de aprobación, equivalente a 61 puntos. El sesgo que genera dicha frecuencia, 20, 967, permite esperar que la distribución de datos no se aproxime a la normal, lo cual se verifica con los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Figura 4. **Histograma de notas finales**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Análisis de normalidad de las notas finales**

Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
La distribución de promoción es normal con la media 49.699 y la desviación típica 24.96	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	0.00	Rechazar la hipótesis nula

Fuente: elaboración propia.

3.2. Análisis de rendimiento académico de los cursos con relación a la carrera del estudiante

Para determinar si existe relación entre el rendimiento académico en los 39 cursos de área básica y la carrera de los estudiantes, se realizó una prueba de independencia utilizando tablas de contingencia. Se calculó la cantidad de estudiantes aprobados por curso y por carrera, los resultados obtenidos se observan en la tabla XII.

Se organizaron las frecuencias de estudiantes que aprobaron, de la siguiente manera: en las filas se presentan los 39 cursos de acuerdo al código asignado a cada uno y en las columnas se presentan las carreras de acuerdo al código correspondiente a cada una.

Tabla XII. **Aprobados por curso y carrera**

Curso	Carrera de Ingeniería										Total
	1	2	3	4	5	6	7	9	13	35	
173	1053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1053
736	0	0	0	258	0	142	0	722	387	0	1509
101	1109	806	279	275	1175	299	474	1856	575	102	6950
103	1049	708	263	255	1173	284	416	1561	515	82	6306
107	1021	626	255	254	1130	272	442	1341	504	68	5913

Fuente: elaboración propia.

Continuación de tabla XI.

112	1093	620	277	240	1295	249	466	1130	486	50	5906
114	1073	611	275	239	1235	243	450	1111	481	53	5771
17	1163	802	310	274	1192	287	483	1791	587	104	6993
19	1182	696	300	253	1158	252	449	1636	496	85	6507
69	1179	810	302	292	1282	310	483	1794	595	124	7171
71	912	22	0	31	0	31	0	0	62	0	1058
39	662	390	163	163	773	180	280	1188	364	50	4213
40	250	113	86	75	348	61	125	495	127	15	1695
732	1075	613	296	268	1362	232	479	1041	469	62	5897
734	32	282	66	0	1589	0	463	157	32	6	2627
737	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	57
1	109	115	63	23	227	13	78	15	37	39	719
18	1	385	199	162	1173	117	371	185	394	0	2987
150	1051	565	280	237	1245	233	430	1025	481	57	5604
152	925	540	273	238	1214	210	402	837	454	48	5141
154	0	25	43	240	0	198	13	0	434	0	953
156	0	4	6	240	0	40	1	0	381	0	672
147	999	658	256	231	1131	264	426	1351	502	68	5886
6	631	488	194	164	838	158	298	924	319	46	4060
8	545	431	198	161	726	131	274	581	260	47	3354
9	472	308	153	132	665	104	207	435	218	31	2725
11	460	284	155	98	589	75	179	350	177	24	2391
10	1001	309	165	132	4	103	0	994	0	50	2758
118	942	570	146	248	419	211	109	943	476	0	4064
120	9	74	8	58	0	17	5	88	142	0	401
116	326	616	339	92	1344	55	430	927	156	0	4285
122	16	191	19	16	31	7	4	97	37	0	418
123	0	0	1	241	0	176	0	0	414	0	832
960	0	0	0	0	0	0	1	1287	0	0	1288
962	0	0	0	0	1	0	0	940	0	0	941
170	1105	236	328	319	1496	228	474	0	0	57	4243
172	0	0	360	0	39	158	315	0	0	0	872
352	10	0	15	8	58	9	349	0	14	0	463
348	772	0	206	204	960	218	368	1006	396	0	4130
	22,227	12,898	6,279	6,121	25,929	5,567	9,744	27,808	10,972	1,268	128,813

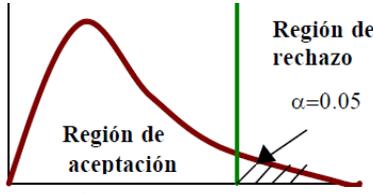
Fuente: elaboración propia.

Utilizando los totales de filas y columnas, se calculó la frecuencia esperada para cada celda, y luego se realizó el cálculo del estadístico de prueba Chi cuadrado, por medio de la siguiente expresión:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} = 43,987$$

Con el resultado anterior, se realizó la prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 5 %.

Tabla XIII. **Ensayo de hipótesis para la independencia del rendimiento en los cursos y la carrera del estudiante**

1.	Ho	El rendimiento en los cursos a cargo de la Escuela de Ciencias es independiente de la carrera del estudiante.
2.	Ha	El rendimiento en los cursos a cargo de la Escuela de Ciencias no es independiente de la carrera del estudiante.
3.	α	5%
4.	Zona de rechazo	 <p> $g.l. = (r - 1)(c - 1) = (39 - 1)(10 - 1) = 342$ $\chi^2_{0.05, 342} = 386.125$ </p>
5.	Estadístico de prueba	$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} = 43,987$
6.	Regla de decisión	<p>Si $\chi^2 > \chi^2_{\alpha}$ se rechaza Ho. $43987 > 386.125$. Se rechaza Ho</p>

Fuente: elaboración propia.

Se rechaza la hipótesis nula de la prueba anterior que indicaba independencia entre el rendimiento académico en los 39 cursos a cargo de la Escuela de Ciencias y la carrera a la que pertenece el estudiante.

3.3. Análisis comparativo del rendimiento de los estudiantes repitentes y los que se asignan el curso por primera vez

Para realizar una comparación del rendimiento de estudiantes repitentes y estudiantes que se asignan el curso por primera vez, se realizó un análisis de regresión lineal, donde se definió como variable independiente el número de veces que el estudiante se ha asignado el curso hasta aprobar el mismo. La variable dependiente del modelo de regresión lineal se definió como la nota obtenida por el estudiante. Los coeficientes del modelo de regresión se presentan en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Modelo de regresión para repitencia**

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t
Intercepción	61.43	0.082	743.76
Variable X 1	- 4.63	0.027	-167.81

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior, se puede definir el modelo de regresión lineal simple para el rendimiento, de acuerdo a la repitencia, con la siguiente expresión

$y = 61.43 - 4.63x$. Éste indica que al aumentar el número de veces que se ha asignado el curso disminuirá su nota.

Para determinar qué tan adecuado es el modelo encontrado, se analizaron las estadísticas de regresión, incluyendo el coeficiente de correlación, el coeficiente de determinación, el error típico y las observaciones. Dado que el

coeficiente de correlación es bajo, se puede decir que no hay una relación lineal fuerte entre un rendimiento alto y la repitencia. El error típico del modelo también es bastante elevado con un valor de 23.87, esto indica demasiada dispersión al momento de pronosticar la nota del estudiante.

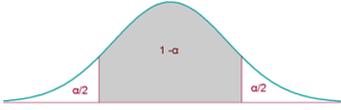
Tabla XV. **Estadísticas para modelo de regresión lineal**

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación	0.304
Coeficiente de determinación R^2	0.092
R^2 ajustado	0.092
Error típico	23.64
Observaciones	276491

Fuente: elaboración propia.

Se realizó una prueba de significancia para el coeficiente de correlación, los resultados obtenidos se presentan en la tabla XV.

Tabla XVI. **Ensayo de hipótesis para la significancia del coeficiente de correlación**

1.	Ho	$\rho = 0$
2.	Ha	$\rho \neq 0$
3.	α	5%
4.	Zona de rechazo	 <p style="text-align: center;">$Z_{\alpha/2} = \pm 1.96$</p>
5.	Estadístico de prueba	$Z = \frac{r - r_0}{1/\sqrt{n - k - 1}} = \frac{0.304 - 0}{1/\sqrt{276489}} = 159.84$
6.	Regla de decisión	Si $Z > Z_{\alpha/2}$ se rechaza Ho. 159.84 > 1.96. Se rechaza Ho

Fuente: elaboración propia.

La prueba de hipótesis para la significancia del coeficiente de correlación indica que el coeficiente de correlación si es estadísticamente significativo.

3.4. Análisis de comparación de rendimiento académico en las distintas carreras de ingeniería

Se realizó un análisis de varianza para el rendimiento académico de las diez carreras de la Facultad de Ingeniería, se realizó un análisis en general sin categorizar por año de asignación. Los resultados del análisis de varianza se presentan en la tabla XVII.

Tabla XVII. **Análisis de varianza para rendimiento, por carrera**

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	476868.785	9	52985.421	85.305	0.00
Error	169218836.715	272439	621.126		
Total	169695705.500	272448			

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra que la prueba de igualdad de promedios es rechazada, para determinar cuál de las carreras presenta un rendimiento promedio distinto, se realizó una prueba de Games-Howell, cuyos resultados se incluyen en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Grupos homogéneos por carrera**

Carrera de Ingeniería	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Ciencias y Sistemas	60360	48.25			
Ambiental	2698	49.12	49.12		
Mecánica	13410	49.19	49.19		

Fuente: elaboración propia

Continuación de tabla XVII.

Civil	47255		49.28		
Industrial	56173		49.56		
Mecánica industrial	20642		49.70	49.70	
Eléctrica	13025		50.09	50.09	
Electrónica	22646			50.47	
Mecánica eléctrica	11435			50.92	
Química	24805				53.20

Fuente: elaboración propia.

En la figura 5 se presenta la distribución de las carreras en los grupos homogéneos, se pueden observar las intersecciones entre grupos y que claramente la carrera de Ingeniería Química tiene un rendimiento diferente a las demás.

Figura 5. Grupos homogéneos por carrera



Fuente: elaboración propia.

3.5. Análisis de comparación de rendimiento académico de las distintas áreas que conforman la Escuela de Ciencias

Se realizó un análisis de varianza para el rendimiento académico de las 6 áreas y 2 departamentos que conforman la Escuela de Ciencias, se realizó un análisis en general sin categorizar por año de asignación. Los resultados del análisis de varianza se presentan en la tabla XIX.

Tabla XIX. Análisis de varianza para rendimiento, por área

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	8154112.4	7	1164873.201	1964.56	0.00
Error	161541593.1	272441	592.94		
Total	169695705.5	272448			

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra que la prueba de igualdad de promedios es rechazada. Para determinar cuál de las áreas o departamentos presenta un rendimiento promedio distinto, se realizó una prueba de Games-Howell, con los resultados que contiene la tabla XX.

Tabla XX. Grupos homogéneos por área

Área	N	Subconjunto para alfa = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Química	13657	40.47							
Física	63472		44.05						
Deportes	11046			46.69					
Estadística	22876				48.86				
Matemática	95424					49.69			

Fuente: elaboración propia.

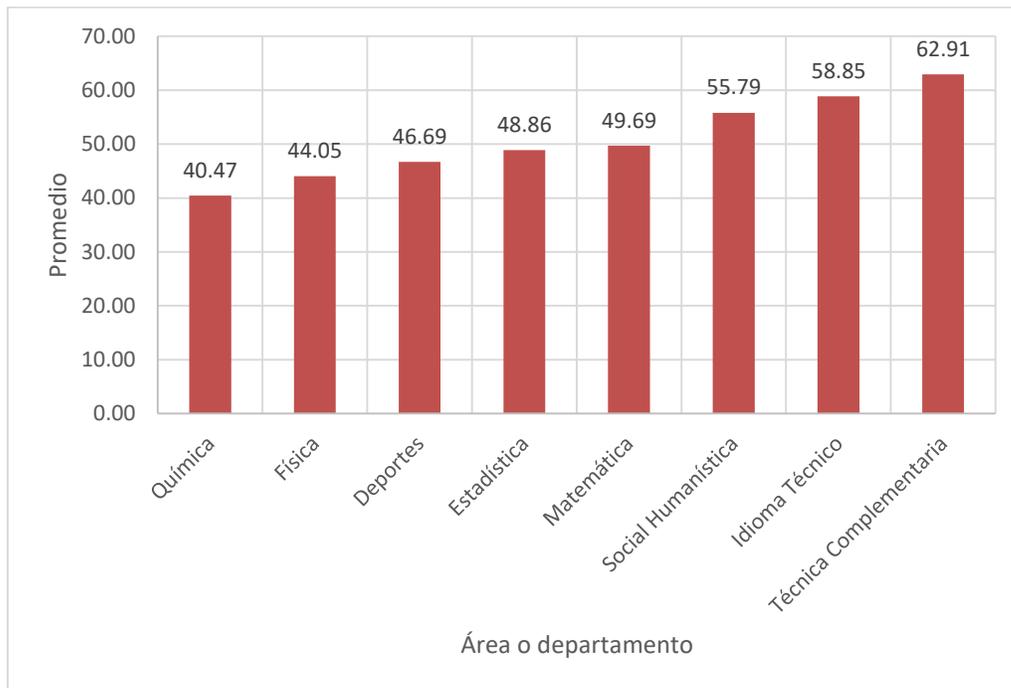
Continuación de tabla XX.

Social Humanística	36114						55.79		
Idioma Técnico	18737							58.85	
Técnica Complementaria	11123								62.91

Fuente: elaboración propia.

En la figura 6, se observa que cada área o departamento representa un grupo homogéneo al tener rendimientos promedio distintos. Se observa que las áreas y departamentos se ordenaron desde la de mejor rendimiento, Técnica complementaria, hasta la de peor rendimiento, Química.

Figura 6. Grupos homogéneos por área y departamento



Fuente: elaboración propia.

3.6. Análisis comparativo del rendimiento de acuerdo al género del estudiante

Se comparó el rendimiento promedio de acuerdo al género del estudiante en los 39 cursos manejados por la Escuela de Ciencias. Se realizó un cálculo de la nota promedio y desviación estándar de cada curso del área básica, así como su número correspondiente de asignaciones. Los resultados de acuerdo al género se presentan en la tabla XXI.

Tabla XXI. Estadísticos por curso y por género

Curso	Femenino			Masculino		
	Media	N	Desv. Est.	Media	N	Desv. Est.
Análisis Mecánico	65.75	210	17.78	64.37	1252	20.99
Análisis Probabilístico	50.38	252	22.75	48.54	3166	25.24
Área Matemática Básica 1	46.71	3604	21.24	43.52	16738	23.60
Área Matemática Básica 2	49.86	2971	19.58	46.95	13247	22.05
Área Matemática Intermedia 1	51.87	2329	20.34	50.63	10549	22.03
Área Matemática Intermedia 2	51.87	2334	20.16	51.12	10196	22.60
Área Matemática Intermedia 3	53.09	2028	22.35	51.67	9427	23.18
Área Social Humanística 1	56.99	2398	18.92	54.05	11399	19.97
Área Social Humanística 2	60.39	1787	19.12	57.44	8623	20.91
Área Técnica Complementaria 1	66.20	1727	23.40	61.78	8053	27.03
Área Técnica Complementaria 2	73.00	221	21.98	63.91	1122	29.32
Deportes 1	48.71	1377	39.47	42.56	7030	39.06
Deportes 2	63.06	433	32.65	55.39	2206	33.86
Estadística 1	48.76	2547	22.15	47.01	11876	23.34
Estadística 2	56.35	1054	22.40	52.74	3876	23.48
Estadística 3	57.00	21	25.88	45.60	84	27.49

Fuente: elaboración propia.

Continuación de tabla XXI.

Ética Profesional	68.42	224	19.73	64.54	724	21.78
Filosofía de la Ciencia	55.79	1129	20.30	52.34	5080	21.03
Física 1	42.18	3016	23.02	41.98	12947	24.65
Física 2	40.89	2702	23.55	41.33	11759	24.79
Física 3	64.50	54	25.62	54.37	1437	30.99
Física 4	51.95	62	19.98	51.24	1299	25.41
Física Básica	43.05	3632	22.64	40.69	14436	26.43
Idioma Técnico 1	58.47	1183	18.68	56.94	5031	19.91
Idioma Técnico 2	58.57	1100	16.80	58.20	4191	18.13
Idioma Técnico 3	59.31	852	17.18	59.53	3146	18.11
Idioma Técnico 4	62.71	647	16.49	61.97	2587	17.99
Lógica	59.57	769	17.99	55.77	3981	20.08
Matemática Aplicada 1	54.88	1177	23.59	52.86	6137	25.42
Matemática Aplicada 2	46.97	103	29.40	45.19	788	29.33
Matemática Aplicada 3	58.72	1362	22.84	54.57	6262	24.34
Matemática Aplicada 4	63.77	145	28.56	57.99	507	31.12
Matemática Aplicada 5	46.20	64	24.97	46.08	1865	24.52
Matemática para Computación 1	56.22	246	27.03	52.99	2047	27.16
Matemática para Computación 2	64.89	141	23.22	62.60	1157	24.12
Mecánica Analítica 1	49.51	1541	23.42	51.76	6908	23.46
Mecánica Analítica 2	43.20	112	21.21	47.70	2105	20.24
Química 2	57.29	58	27.35	51.75	683	26.71
Química General 1	45.76	1812	24.01	38.83	11104	27.75

Fuente: elaboración propia.

Con base en la tabla anterior, se realizó el cálculo del rendimiento promedio y varianza por género, los resultados obtenidos se presentan en la tabla XXII.

Tabla XXII. **Resumen de estadísticos por género**

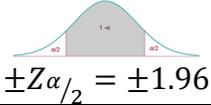
	Femenino	Masculino
Media	55.20	52.27
Varianza	23.43	25.25
Total de cursos	39	39

Fuente: elaboración propia.

Antes de realizar una prueba de hipótesis de igualdad de medias se probó la homogeneidad de varianzas por medio de una prueba de Fisher con un nivel de significancia del 5%, los valores críticos calculados fueron $F_{0.975} = 1.9070$ y $F_{0.025} = 0.5244$, el estadístico de prueba se calculó utilizando las varianzas respectivas y se obtuvo un valor de 0.86. Dado que el estadístico de prueba se encuentra entre los valores críticos es posible afirmar que las varianzas son homogéneas.

Se realizó una prueba de hipótesis para la diferencia de rendimientos promedio en los hombres y mujeres. Se probó la igualdad de medias de acuerdo al género con un nivel de significancia del 5%.

Tabla XXIII. **Ensayo de hipótesis para la diferencia de promedios de cursos de ciencias básicas y complementarios**

1.	Ho	$\mu_1 - \mu_2 = 0$
2.	Ha	$\mu_1 - \mu_2 \neq 0$
3.	α	5%
4.	Zona de rechazo	 $\pm Z_{\alpha/2} = \pm 1.96$

Fuente: elaboración propia.

Continuación de tabla XXIII.

5.	Estadístico de prueba	$Z = \frac{(55.2005 - 52.2693) - 0}{\sqrt{\frac{23.426}{39} + \frac{25.249}{39}}} = 2.62$
6.	Regla de decisión	<p>Si $Z > Z_{\alpha/2}$ o $Z < -Z_{\alpha/2}$ se rechaza H_0. $2.62 > 1.96$. Se rechaza H_0.</p>

Fuente: elaboración propia.

Se rechaza la hipótesis nula de la prueba anterior que indica igualdad en el rendimiento promedio de hombres y mujeres.

3.7. Análisis comparativo del rendimiento en cursos de ciencias básicas y cursos complementarios

Para comparar el rendimiento académico en los cursos de las áreas de ciencias básicas y las áreas complementarias, primero se realizó la clasificación de los cursos. Las áreas y departamentos de ciencias básicas son Matemática, Física, Estadística y Química, las componen 26 cursos. Las áreas complementarias son Social Humanística, Idioma Técnico, Deportes y Técnica Complementaria, compuestas por 13 cursos.

Se realizó el cálculo de la nota promedio y desviación estándar de cada curso del área básica, así como su número correspondiente de asignaciones. Los resultados para cursos de ciencias básicas y cursos complementarios se presentan en las tablas XXIV y XXV.

Tabla XXIV. Estadísticos para cursos de ciencias básicas

Ciencias Básicas	Media	N	Desv. Est.
Análisis Mecánico	64.57	1462	20.562
Análisis Probabilístico	48.68	3418	25.063
Área Matemática Básica 1	44.09	20342	23.229
Área Matemática Básica 2	47.48	16218	21.647
Área Matemática Intermedia 1	50.86	12878	21.736
Área Matemática Intermedia 2	51.26	12530	22.164
Área Matemática Intermedia 3	51.93	11455	23.038
Estadística 1	47.32	14423	23.143
Estadística 2	53.51	4930	23.297
Estadística 3	47.88	105	27.440
Física 1	42.02	15963	24.351
Física 2	41.24	14461	24.561
Física 3	54.74	1491	30.860
Física 4	51.27	1361	25.186
Física Básica	41.16	18068	25.733
Matemática Aplicada 1	53.18	7314	25.144
Matemática Aplicada 2	45.39	891	29.327
Matemática Aplicada 3	55.31	7624	24.133
Matemática Aplicada 4	59.28	652	30.640
Matemática Aplicada 5	46.08	1929	24.533
Matemática para Computación 1	53.33	2293	27.155
Matemática para Computación 2	62.85	1298	24.025
Mecánica Analítica 1	51.35	8449	23.469
Mecánica Analítica 2	47.47	2217	20.308
Química 2	52.19	741	26.783
Química General 1	39.80	12916	27.365

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Estadísticos para cursos complementarios**

Ciencias Básicas	Media	N	Desv. Est.
Área Social Humanística 1	54.56	13797	19.819
Área Social Humanística 2	57.95	10410	20.645
Área Técnica Complementaria 1	62.56	9780	26.481
Área Técnica Complementaria 2	65.41	1343	28.433
Deportes 1	43.57	8407	39.187
Deportes 2	56.65	2639	33.777
Ética Profesional	65.46	948	21.369
Filosofía De La Ciencia	52.96	6209	20.941
Idioma Técnico 1	57.23	6214	19.692
Idioma Técnico 2	58.28	5291	17.862
Idioma Técnico 3	59.48	3998	17.913
Idioma Técnico 4	62.12	3234	17.699
Lógica	56.38	4750	19.801

Fuente: elaboración propia.

Con base en las tablas anteriores, se realizó el cálculo del rendimiento promedio y varianza por cada tipo de grupo, los resultados obtenidos se presentan en la tabla XXVI.

Tabla XXVI. **Resumen de estadísticos por tipo de curso**

	Ciencias básicas	Complementarios
Media	50.16	57.89
Varianza	39.26	33.41
Número de cursos	26	13

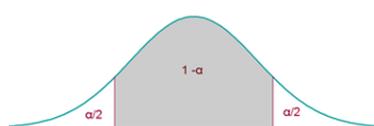
Fuente: elaboración propia.

Antes de realizar una prueba de hipótesis de igualdad de medias, se probó la homogeneidad de varianzas por medio de una prueba de Fisher con un nivel de significancia del 5%, los valores críticos, calculados fueron $F_{0.975} = 3.02$ y $F_{0.025} = 0.40$, el estadístico de prueba se calculó utilizando las varianzas

respectivas y se obtuvo un valor de 1.06. Dado que el estadístico de prueba se encuentra entre los valores críticos se puede afirmar que las varianzas son homogéneas.

Se realizó una prueba de hipótesis para la diferencia de rendimientos promedio de cursos de ciencias básicas y cursos complementarios. Se sometió a prueba la igualdad de medias para los tipos de cursos con un nivel de significancia del 5%.

Tabla XXVII. **Ensayo de hipótesis para la diferencia de promedios de cursos de ciencias básicas y complementarios**

1.	Ho	$\mu_1 - \mu_2 = 0$
2.	Ha	$\mu_1 - \mu_2 \neq 0$
3.	α	5%
4.	Zona de rechazo	 $\pm t_{\alpha/2} = \pm 2.0282$
5.	Estadístico de prueba	$t = \frac{(50.1633 - 57.8930) - 0}{6.11 \sqrt{\frac{1}{26} + \frac{1}{13}}} = -3.72$
6.	Regla de decisión	Si $t > t_{\alpha/2}$ o $t < -t_{\alpha/2}$, se rechaza Ho. $-3.72 < -2.0282$. Se rechaza Ho.

Fuente: elaboración propia.

Se rechaza la hipótesis nula de la prueba anterior que indicaba igualdad en el rendimiento promedio de cursos de ciencias básicas y cursos complementarios.

3.8. Análisis comparativo del rendimiento en cursos obligatorios y cursos optativos

Se realizó una comparación del rendimiento académico en cursos obligatorios y cursos optativos de las 10 carreras de ingeniería por medio de una prueba de homogeneidad, con base en la cantidad de estudiantes aprobados de acuerdo a la naturaleza del curso.

Tabla XXVIII. Aprobados por tipo de curso y carrera

Carrera de ingeniería	Obligatorio	Optativo	Total
Civil	17703	4523	22226
Química	9241	3657	12898
Mecánica	4599	1679	6278
Eléctrica	4806	1315	6121
Industrial	19981	5943	25924
Mecánica Eléctrica	4466	1061	5527
Mecánica Industrial	7799	1944	9743
Ciencias y Sistemas	22299	5509	27808
Electrónica	8633	2339	10972
Ambiental	903	365	1268
Total	100430	28335	128765

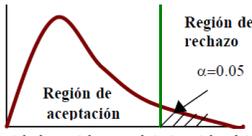
Fuente: elaboración propia.

Utilizando los totales de filas y columnas, se calculó la frecuencia esperada para cada celda y luego se realizó el cálculo del estadístico de prueba Chi cuadrado, por medio de la siguiente expresión:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} = 599$$

Con el resultado anterior, se realizó la siguiente prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 5%.

Tabla XXIX. **Ensayo de hipótesis para la independencia del rendimiento en los cursos y la carrera del estudiante**

1.	Ho	El rendimiento en los cursos obligatorios y optativos es homogéneo para todas las carreras.
2.	Ha	El rendimiento en los cursos obligatorios y optativos no es homogéneo para todas las carreras.
3.	α	5%
4.	Zona de rechazo	 <p> $g. l. = (r - 1)(c - 1) = (10 - 1)(2 - 1) = 9$ $\chi^2_{0.05, 9} = 16.92$ </p>
5.	Estadístico de prueba	$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} = 599$
6.	Regla de decisión	<p>Si $\chi^2 > \chi^2_{\alpha}$, se rechaza Ho. $599 > 16.92$. Se rechaza Ho.</p>

Fuente: elaboración propia.

Se rechaza la hipótesis nula de la prueba anterior que indicaba homogeneidad en el rendimiento académico de los cursos obligatorios y optativos de las carreras de ingeniería.

Para determinar cuáles carreras presentan diferencias en el rendimiento académico en los cursos obligatorios y los cursos optativos, se realizó una prueba de diferencia de medias para cada una. Se utilizó un nivel de significancia del 5%. Antes de realizar la prueba de comprobó la homogeneidad de varianzas por medio de una prueba de Fisher. Los resultados para cada

prueba se presentan en la tabla XXX de acuerdo al código asignado a cada carrera.

Tabla XXX. **Prueba de igualdad de medias de cursos obligatorios y optativos**

Carrera de ingeniería	Obligatorio			Optativo			Varianzas		Prueba de hipótesis		
	Media	D.E.	N	Media	D.E	n	F	Iguals	$\pm t_{\alpha/2}$	T	Decisión
01	50.47	9.26	17	51.59	8.17	13	1.28	Sí	± 2.0484	-0.35	Se acepta Ho
02	53.65	7.28	14	58.69	7.10	16	1.05	Sí	± 2.0484	-1.91	Se acepta Ho
03	48.71	6.17	16	53.54	7.73	16	0.64	Sí	± 2.0423	-1.95	Se acepta Ho
04	50.20	5.37	19	54.99	7.26	14	0.55	Sí	± 2.0395	-2.08	Se rechaza Ho
05	49.60	6.38	16	53.89	7.12	13	0.80	Sí	± 2.0518	-1.70	Se acepta Ho
06	51.10	5.52	19	57.09	6.76	15	0.67	Sí	± 2.0369	-2.78	Se rechaza Ho
07	50.11	5.92	18	52.15	8.65	12	0.47	Sí	± 2.0484	-0.71	Se acepta Ho
09	48.27	7.42	17	54.23	7.38	12	1.01	Sí	± 2.0518	-2.14	Se rechaza Ho
13	50.50	5.78	18	54.68	5.53	14	1.09	Sí	± 2.0423	-2.08	Se rechaza Ho
35	48.59	7.79	12	56.49	9.53	10	0.67	Sí	± 2.0870	-2.10	Se rechaza Ho

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior, se puede observar que sí existe diferencia en el rendimiento en cursos obligatorios y cursos optativos para algunas de las carreras: Eléctrica, Mecánica Eléctrica, Ciencias y Sistemas, Electrónica, Ambiental.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis descriptivo del rendimiento académico

En el análisis descriptivo que se realizó a los datos pudo observarse ciertos comportamientos relevantes. Entre ellos está que el número de asignaciones por área se mantiene bastante estable en el período estudiado, correspondiente a los años 2010 a 2015. Se evidencia que la mayor cantidad de asignaciones, corresponden a los departamentos de Matemática (95,424) y Física (63,472), lo cual puede asociarse con que estos departamentos son los que tienen mayor cantidad de cursos a su cargo (12 y 8), de los cuales la mayoría tienen carácter obligatorio.

Al analizar el rendimiento promedio por año para cada área que integra la Escuela de Ciencias, pudo observarse que casi todas mantienen promedios constantes, excepto por el área de Deportes y el área de Química. El rendimiento académico promedio global, mostró variaciones desde un valor mínimo de 40.74 puntos determinado para el Área de Química, hasta un valor máximo de 63.05 puntos correspondiente al Área de Técnica complementaria.

Las áreas de ciencias básicas obtuvieron promedios que variaron de 41 a 50 puntos, los cuales son más bajos si se comparan con los valores promedio del rendimiento académico en las áreas complementarias, cuyas medias variaron de 47 a 63 puntos. Lo anterior es relativamente fácil de comprender si se considera que la carga académica es mayor en los cursos de ciencias básicas que en los del área complementaria, así como la dificultad inherente a la naturaleza de los conocimientos y capacidades que los estudiantes deben

adquirir y desarrollar, como producto de la formación en ciencia básica, la cual es evidentemente mayor que las correspondientes a los cursos del área complementaria.

El análisis de los porcentajes de aprobación anuales por área indicó que las áreas de ciencias básicas tienen porcentajes que varían de 33.63% en el Área de Química, a 45.14% en el Departamento de Matemática. Estos índices de aprobación son claramente menores que los determinados para las áreas complementarias, los cuales varían de 43.49% en Deportes, hasta 73.98% en Técnica Complementaria.

En la tabla VII, se muestra que el promedio general del rendimiento académico en todas las áreas durante los seis años en estudio, es de 49.76 puntos; mientras que en la tabla X se indica el índice global de aprobación es de 47.28%.

En síntesis, con relación a los indicadores del rendimiento académico representados por el promedio de las notas obtenidas por los estudiantes y el índice de aprobación por curso y por área, se determina que el rendimiento académico en la Escuela de Ciencias es estable, pero bajo, pues el promedio es evidentemente menor a la nota mínima de aprobación (61 puntos) y el índice de aprobación ni siquiera llega al 50%.

Estos resultados permiten inferir que más del 50% de los alumnos que se asignaron cursos de la etapa básica en el período del 2010 al 2015, reprobaron cursos mayoritariamente de ciencias básicas. A partir de ello se originan indicadores de repitencia y deserción, así como el evidente retraso en el avance en pensum de estudios, ya que a pesar de que los cursos complementarios tienen índices de aprobación que pueden considerarse como buenos, es la

aprobación de los cursos obligatorios de las ciencias básicas, los que realmente permiten el avance académico.

Para complementar el análisis anual, se realizó un análisis por período de asignación, a partir que la Facultad de Ingeniería cuenta con 8 períodos que se dividen en semestres, exámenes de recuperación y cursos de vacaciones.

Se considera muy importante reportar que se observó un claro descenso en el rendimiento promedio de todas las áreas durante el segundo semestre, así como un claro aumento en los cursos de vacaciones.

En especial el segundo fenómeno, genera una interrogante interesante: ¿Cuáles son los factores que determinan que el rendimiento académico en las áreas de la Escuela de Ciencias, sea mejor en los cursos de vacaciones que durante los semestres regulares? Algunas respuestas tentativas son: a) muchos de los alumnos que se asignan cursos en vacaciones son repitentes, por lo cual ya tienen conocimientos adquiridos en el semestre que les permiten aprobar los cursos; b) los alumnos que no son repitentes están motivados por haber aprobado los pre requisitos y buscan avanzar más rápido; c) los alumnos se concentran más en pocos cursos mientras que el semestre regular es más largo, pero los cursos asignados son muchos.

Se visualizan necesidades de continuar investigando en torno a la pregunta formulada, en búsqueda de opciones formativas que contribuyan a mejorar los indicadores del rendimiento académico en las áreas que conforman la Escuela de Ciencias; adicionalmente, resultaría interesante determinar si en los cursos profesionales de las diferentes carreras también ocurre que el rendimiento académico es mayor en los cursos de vacaciones que en los semestres regulares.

4.2. Análisis de rendimiento académico de los cursos con relación a la carrera del estudiante

La prueba de independencia entre el rendimiento académico en los 39 cursos a cargo de la Escuela de Ciencias, evaluado desde el punto de vista de la cantidad de aprobados y la carrera a la que pertenece el estudiante, con un nivel de confianza del 5%, produjo como resultado el rechazo de la hipótesis nula de independencia, lo cual indica que la prueba es estadísticamente significativa.

El estadístico de prueba calculado fue mayor que el valor crítico de la distribución de Chi cuadrado, por lo que se concluye que si existe una relación entre el rendimiento en los cursos que administra la Escuela de Ciencias y la carrera del estudiante.

4.3. Análisis comparativo del rendimiento de los estudiantes repitentes y los que se asignan el curso por primera vez

Al realizar un análisis de regresión lineal para comparar la nota obtenida por el estudiante contra el número de veces que se ha asignado un curso, se obtuvo el siguiente modelo lineal simple.

$$y = 61.43 - 4.63x$$

Se puede observar en el modelo que la pendiente del mismo es negativa, esto quiere decir que al aumentar el número de veces que el estudiante se asigne un curso, su nota disminuirá. El modelo indica que la nota esperada cuando el estudiante no se ha asignado el curso es aproximadamente 61 puntos, que corresponde con la nota de aprobación fijada por la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para determinar si el modelo lineal era adecuado se calcularon los coeficientes de correlación y de determinación, los mismos presentaron valores bajos, esto indica que la relación lineal no es tan fuerte como se esperaba.

El error típico del modelo fue de aproximadamente 23, esto es muy alto e indica que las proyecciones del modelo muestran bastante variación. Esto puede deberse a que la variable independiente escogida no es la única que afecta el rendimiento del estudiante.

Lo importante del modelo elaborado, es que en vez de esperar un mejor rendimiento en los alumnos repitentes que pueda asociarse con los conocimientos y experiencia que acumula aún sin aprobar un curso, podría pensarse que la reprobación de una asignatura actúa como factor desmotivante por la carga de frustración que puede generar, la cual si no es superada incluso puede derivar en el abandono de la carrera si el número de reprobaciones se incrementa.

En el contexto institucional en que se imparten los cursos de la etapa básica, a partir del segundo semestre de la carrera, resulta casi imposible separar a los alumnos que se asignan por primera vez una asignatura, de los alumnos repitentes; esto limita la atención especialmente orientada que los alumnos que han cursado sin éxito algún curso, puedan necesitar. Sin embargo, sería conveniente que, en las diferentes áreas y departamentos de la Escuela de Ciencias, se buscarán e implementarán estrategias de apoyo para los alumnos repitentes.

4.4. Análisis de comparación del rendimiento académico de las distintas carreras de ingeniería

Al realizar el análisis de rendimiento promedio global por carrera durante el período de 2010 a 2015, se encontró que el mismo no es igual para todas las carreras, se observó una clara diferenciación de la carrera de Ingeniería Química con respecto al resto de las carreras, con un rendimiento promedio de 53.20 puntos, el cual fue el más alto de todas las carreras.

Las carreras se agruparon en cuatro grupos homogéneos de acuerdo a la similitud de sus rendimientos promedio, pudo observarse que las carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica Eléctrica e Ingeniería Mecánica Industrial presentaron rendimientos promedio similares, siendo las carreras de Electrónica y Mecánica Eléctrica las más parecidas.

También se encontró que las carreras de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Ingeniería Ambiental e Ingeniería Mecánica presentan rendimientos promedio parecidos, además tienen los rendimientos más bajos de todas las carreras.

Este último aspecto es muy importante de analizar posteriormente, en especial en cuanto a considerar la carga académica en los pensum de estudios, ya que por ejemplo a Ingeniería en Sistemas, además de los cursos de la etapa básica corresponden de forma específica Matemática de Cómputo 1 y 2, así como cursos de la carrera incluidos en el tercero, cuarto y quinto semestre, entre los que se encuentran Introducción a la Programación y Computación 1 y 2, y Lenguajes formales de Computación, Compiladores 1, Organizacional Computacional y Estructuras de datos.

Las diferencias en el rendimiento académico asociadas con la carrera de ingeniería, coinciden con lo reportado por Di Grecia (2007), con estudiantes de la Universidad Mar del Plata, Argentina.

4.5. Análisis de comparación de rendimiento académico de las distintas áreas que conforman la Escuela de Ciencias

Al realizar el análisis de rendimiento promedio por área, se encontró que el mismo no es igual para todas las áreas y departamentos, por medio de la prueba de Games Howell se procedió a determinar cuáles eran las que tenían un comportamiento distinto.

Se encontró que todas las áreas tienen un rendimiento promedio diferente, siendo el área de Química la que presenta el menor rendimiento promedio y el área de Técnica complementaria la que presenta el mayor rendimiento promedio.

Se pudo observar que 3 de 4 áreas complementarias presentan los rendimientos promedio más altos, solamente el área de Deportes presenta un rendimiento promedio bajo. Por el contrario, las áreas de ciencias básicas presentan rendimientos promedio bajos siendo el Departamento de Matemática, el que presenta el promedio más alto para ciencias básicas.

Este resultado es particularmente importante, pues el índice global de aprobación en todos los cursos de Matemática es de 45.14%, el cual, con las debidas consideraciones de las diferencias contextuales, es muy cercano a lo reportado por Hernández del Rincón (2005), para estudiantes venezolanos, con un índice de aprobación de 47%, aproximadamente.

4.6. Análisis comparativo del rendimiento de acuerdo al género del estudiante

La prueba de hipótesis de igualdad de medias para el rendimiento promedio de hombres y mujeres, con un nivel de confianza del 5%, obtuvo como resultado el rechazo de la hipótesis nula de igualdad, esto indica que la prueba si es estadísticamente significativa.

Dado que al calcular el estadístico de prueba el mismo presentó un sesgo hacia la derecha de la curva normal, se puede decir que la diferencia en los rendimientos promedio es positiva. Se definió como grupo 1, a las mujeres, y como grupo 2, a los hombres. El que la diferencia entre ellos sea positiva indica que las mujeres presentan un rendimiento promedio mayor que los hombres, en los cursos que administra la Escuela de Ciencias.

Este resultado podría orientar a considerar que esto se debe a que la proporción de mujeres (20%), es menor que la cantidad de hombres (80%), por lo que se reduce la variabilidad en el rendimiento académico promedio. Sin embargo, dichos resultados coinciden con lo reportado por Ibarra y Michalus (2010), Oyarzún et al (2012), Rodríguez, Fita y Torrado (2004) y Di Grecia (2007), quienes identificaron un mejor rendimiento de las mujeres. Dado que Jiménez *et al.* (2015) indican que, en el estudio realizado en el contexto del Espacio Europeo, no identificaron diferencias en el rendimiento académico que puedan asociarse con el género de los estudiantes, se infiere que las diferencias que se reportan deben ser analizadas e interpretadas en el contexto específico en que se estudian, sin que puedan ser objeto de una generalización.

4.7. Análisis comparativo del rendimiento en cursos de ciencias básicas y cursos complementarios, obligatorios y optativos

La prueba de hipótesis de igualdad de medias para el rendimiento promedio de los cursos de ciencias básicas y los cursos complementarios, con un nivel de confianza del 5%, obtuvo como resultado el rechazo de la hipótesis nula de igualdad, esto indica que la prueba si es estadísticamente significativa.

Dado que al calcular el estadístico de prueba el mismo presentó un sesgo hacia la izquierda de la curva normal, se puede decir que la diferencia en los rendimientos promedio es negativa. Se definió como grupo 1, a los cursos de ciencias básicas, y como grupo 2, a los cursos complementarios. El que la diferencia entre ellos sea negativa indica que los cursos complementarios presentan un rendimiento promedio mayor que los cursos de ciencias básicas.

Esto puede deberse a la naturaleza del contenido de los cursos de ciencias básicas, su nivel de dificultad y número de cursos obligatorios de cada tipo, así como el semestre al cual corresponden en el pensum de estudios de las diferentes carreras.

El dilema identificado consiste en que el rendimiento académico es mejor en los cursos de áreas complementarias, que en los relacionados con las ciencias básicas; sin embargo, enfatizando lo expresado anteriormente, generalmente son los cursos de ciencias básicas los que ofrecen más oportunidades de avances en los pensum de estudios.

Se considera importante identificar que, en el Departamento de Matemática, Matemática Básica 1 tiene el menor promedio, mientras que el mayor promedio corresponde a Matemática para Computación 2. Para el

Departamento de Física, el menor promedio se observó en Física 4 y Física 2, correspondiendo a Análisis Mecánico el mayor promedio. En el Área de Estadística, el menor promedio se observó en Estadística 1, y el mayor promedio se determinó para el curso Estadística 2. En el Área de Química, es en el curso Química General 1, en cual se observó el menor rendimiento académico.

Aunque trasciende los propósitos del presente estudio, se considera necesario que se generen espacios para la reflexión y la discusión sobre la mejor forma de estructurar los pensum de estudios en lo referente a la etapa básica, ya que si se orientará a enfatizar la carga académica en los cursos de ciencias básicas, al menos en los primeros cuatro semestres, quizá los estudiantes podrían tener una dedicación más intensiva a su formación científica, para continuar posteriormente con los cursos de las áreas complementarias, cuando su situación de avance se encuentre estable.

La prueba de homogeneidad entre el rendimiento académico de los cursos obligatorios y de los cursos optativos para todas las carreras, evaluado desde el punto de vista de la cantidad de aprobados por cada tipo de curso, con un nivel de confianza del 5 %, obtuvo como resultado el rechazo de la hipótesis nula de independencia, esto indica que la prueba si es estadísticamente significativa.

El estadístico de prueba calculado fue mayor que el valor crítico de la distribución de Chi cuadrado, por lo que se concluye que no hay homogeneidad en el rendimiento académico de los cursos obligatorios y de los cursos optativos.

Para comprobar las diferencias encontradas, se realizaron pruebas de hipótesis de diferencias de medias entre los cursos obligatorios y los cursos

optativos de cada carrera. Las pruebas se realizaron con un 5 % de significancia, los resultados obtenidos para cada carrera se presentaron en la tabla XX.

Se determinó que las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Industrial no presentaron diferencias significativas en el rendimiento promedio en los cursos obligatorios y cursos optativos. Por el contrario, las carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Ambiental si presentaron diferencias en el rendimiento promedio de los cursos obligatorios y los cursos optativos.

Se pudo observar que todos los estadísticos de prueba son negativos, esto indica que la diferencia está a favor de los cursos optativos, esto se debe a que los cursos obligatorios fueron definidos como grupo 1 y los cursos optativos como grupo 2. La diferencia en el rendimiento promedio entre los cursos obligatorios y los cursos optativos puede deberse a la naturaleza de los cursos optativos dado que los últimos en su mayoría pertenecen a las áreas complementarias antes mencionadas. En general se obtuvieron mejores resultados en los cursos optativos.

Se observó que la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica es la carrera que tienen la posibilidad de asignarse la mayor cantidad de cursos de la Escuela de Ciencias, con 34 de 39 cursos; por el contrario, la carrera de Ingeniería Ambiental es la que menor cantidad de cursos puede asignarse con 22 de 39 cursos. Esto puede influir en que una carrera tenga demasiados cursos y otra muy pocos.

A nivel global, se determinó que, en la Escuela de Ciencias, durante el período del 2010 al 2015, las tendencias de los indicadores del rendimiento académico en las distintas áreas y departamentos que la conforman, son estables, pero en especial son bajas en las ciencias básicas y buenas en las áreas complementarias. Se identifican diferencias asociadas con el género y carrera de los estudiantes, así como con el tipo de curso, de acuerdo a su carácter obligatorio u optativo, por lo cual es necesario que se analicen las posibles causas de los comportamientos identificados, a fin de mejorar la calidad de la formación que se ofrece a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en la etapa básica.

CONCLUSIONES

Conclusión general

Como resultado global de la investigación, se determinó que el comportamiento evolutivo de los indicadores del rendimiento académico en los cursos administrados por la Escuela de Ciencias en el período del 2010 al 2015, es estable, pero en general bajo; con diferencias estadísticamente significativas asociadas con el área, género, carrera de ingeniería y carácter de los cursos.

Conclusiones específicas

1. Se determinó que existe relación entre los indicadores del rendimiento académico en los 39 cursos administrados por la Escuela de Ciencias y la carrera de ingeniería a la que pertenecen los estudiantes, por medio de una prueba de independencia con un nivel de significancia del 5 % utilizando la cantidad de estudiantes aprobados por curso y por carrera.
2. Por medio del modelo de regresión simple dado por $y = 61.43 - 4.63x$ se determinó que al aumentar el número de veces que un estudiante se asigna un curso a cargo de la Escuela de Ciencias, su rendimiento académico en el mismo disminuye. La relación lineal entre la nota final y el número de veces de asignación no es fuerte y causa una alta variabilidad en las proyecciones realizadas.

3. El rendimiento académico promedio es diferente para todas las carreras de la Facultad de Ingeniería, las cuales se asocian en 4 grupos homogéneos. Las carreras con los rendimientos promedio más bajos son Ingeniería Ambiental, Ingeniería en Ciencias y Sistemas e Ingeniería Mecánica. Las carreras con promedios intermedios son Ingeniería Civil e Ingeniería Industrial. Las carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica Eléctrica e Ingeniería Mecánica Industrial presentaron rendimientos promedio similares, siendo las carreras de Electrónica y Mecánica Eléctrica las más parecidas. La carrera de Ingeniería Química presenta el rendimiento promedio mayor de todas las carreras.
4. El rendimiento académico es distinto en todas las áreas de la Escuela de Ciencias, siendo el área de Química la que presentó el rendimiento promedio más bajo y el área de Técnica Complementaria el más alto.
5. En las ciencias básicas el promedio se encontró que: $\mu_Q < \mu_F < \mu_E < \mu_M$, siendo las áreas de Química General, Física, Estadística y Matemática. En las áreas complementarias se encontró que: $\mu_D < \mu_{SH} < \mu_{IT} < \mu_{TC}$, siendo las áreas Deportes, Social Humanística, Idioma Técnico y Técnica Complementaria.
6. Se determinó por medio de una prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 5%, que existen diferencias en el rendimiento promedio para hombres y mujeres. De acuerdo al estadístico de prueba, las mujeres presentan un rendimiento promedio mayor que los hombres.

7. El rendimiento académico promedio para los cursos de ciencias básicas y los cursos complementarios no es igual. Se realizó una prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 5%, cuyo estadístico de prueba mostró que los cursos complementarios presentan un rendimiento promedio mayor que los cursos de ciencias básicas, esto puede deberse a que presentan menor carga académica o a la naturaleza del contenido estudiado. Además, se identificaron diferencias en el rendimiento académico de los cursos obligatorios y los cursos optativos para todas las carreras de ingeniería. Se denotó una preferencia del estudiante por el curso obligatorio por sobre el curso optativo, especialmente en las carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Ambiental

RECOMENDACIONES

1. Dado que se encontró que sí hay relación entre el rendimiento de los cursos a cargo de la Escuela de Ciencias y la carrera a la que pertenece el estudiante, se hace necesario determinar la causa que algunas carreras tengan mayor o menor rendimiento.
2. El modelo lineal encontrado puede predecir hasta cierto punto el rendimiento del estudiante, sin embargo, es pertinente buscar otras variables que puedan afectar el rendimiento y calcular un modelo lineal multivariante.
3. Dado que se determinó que no todas las carreras presentan el mismo rendimiento promedio, se hace necesario determinar qué características tienen las carreras, debido a su rendimiento parecido o distinto. Por ello, es que los estudiantes de Ingeniería Química tengan mejores resultados, para mejorar el rendimiento de los estudiantes de todas las otras carreras.
4. Dado que el análisis de varianza no pudo encontrar similitudes en los rendimientos promedio de las áreas y departamentos a cargo de la Escuela de Ciencias, fue necesario determinar qué hace que los rendimientos sean tan distintos al haber una brecha muy grande entre el área de Técnica Complementaria, quien presentó el mayor rendimiento y el área de Química General, que presentó el menor rendimiento.

5. Por lo tanto, se encontró que, si hay diferencias en el rendimiento de los estudiantes de acuerdo al género, es necesario un estudio para determinar las causas de dicha diferencia, en especial en carreras donde las mujeres son minoría, debe determinarse si por la diferencia en la proporción de asignaciones de hombre y mujeres por carrera.

6. Asimismo, se determinó que el rendimiento promedio es distinto para los cursos de ciencias básicas y los cursos complementarios. Se hace necesario un análisis de los contenidos, dificultad, carga y saturación de las secciones para determinar los factores que llevan a dicha diferencia a favor de los cursos complementarios. De la misma forma, se determinó que el rendimiento no es el mismo para los cursos obligatorios y los cursos optativos. Se hace necesario evaluar si algunos cursos optativos deberían ser obligatorios por su peso para el desarrollo profesional del estudiante, que se les dé la importancia respectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson, D., Sweeney, D. y Williams, T. (2008). *Estadística para administración y economía*. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A.
2. Borroto Cruz, E., y Salas Perea, R. (2004). Acreditación y evaluación universitarias. *Educación Médica Superior*, 18(3), 1. Recuperado en 14 de marzo de 2017, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086421412004000300001&lng=es&tlng=es
3. Castillo, M., Bracamonte, E., y Ponciano, R. (2008). Propuesta socio participativa para el aprendizaje de la matemática como una alternativa a la enseñanza tradicional. DIGI.USAC. Disponible en: <http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puie/INF-2008-054.pdf>
4. Devore, J. (2005). *Probabilidad y estadística parra ingeniería y ciencias*. México, D.F.: International Thomson Editores, S.A. de C.V.
5. Di Gresia, L. (2007). Rendimiento académico universitario. Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de Internet <http://www.aaep.org.ar/anales/works/works2007/digresia.pdf>

6. Gaitán, M.G. (2006). Estudio retrospectivo del rendimiento académico en los cursos del Área de Estadística de la Facultad de Ingeniería-USAC, período 2010-2015. Boletín interno de la Unidad de Modelación Matemática e Investigación, Escuela de Ciencias. FIUSAC.
7. Garbanzo, G. M. (2007) Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. Revista Educación 31(1), 43-63, ISSN: 0379-7082.
8. Guzmán, M.P. (2012). Modelos predictivos y explicativos del rendimiento académico universitario: caso de una institución privada en México. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
9. Hernández del Rincón, A. (2005). El rendimiento académico de las matemáticas en alumnos universitarios* Encuentro Educativo, volumen 12(1), 9-30.
10. Ibarra, M., Michalus, J. (2010). Análisis del rendimiento académico mediante un modelo LOGIT *, Ingeniería Industrial, volumen 9 (2), 47-56.
11. Jiménez-Caballero, J. L., Camúñez Ruiz, J. A., González-Rodríguez, M. R., & Fuentes Ruiz, P. (2015). Factores determinantes del rendimiento académico universitario en el Espacio Europeo de Educación Superior. *Innovar*, 25(58), 159-176. doi: 10.15446/innovar.v25n58.52440

12. Mendoza, A., Visbal, D., Fontalvo, T. (2013) Propuesta para la medición del rendimiento académico de los estudiantes de las universidades utilizando análisis envolvente de datos (DEA). World Engineering Education Forum, Innovación en investigación y educación en ingeniería: factores claves para la competitividad global.
13. Mora Ruiz, J. (2012). La transparencia, un bien escaso. Sistema Básico de Indicadores para la Educación Superior de América Latina, pp.11-12. España: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
14. Oyarzún, G., Estrada, C., Pino, E. y Oyarzún, M. (2012). Habilidades sociales y rendimiento académico: una mirada desde el género. Acta Colombiana de Psicología, volumen 15 (2), 21-28.
15. Parra C., Mejía, L., Valencia, A., Castañeda, E., Restrepo, G., Usuga, O. & Mendoza, R. (2013) Rendimiento académico de los estudiantes de primer semestre de pregrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia: cohorte 2012-2. Ingeniería y sociedad, volumen (6), 2-10.
16. Pizarro, R. (1985). Rasgos y actitudes del profesor efectivo. Tesis para optar el Grado de Magíster en Ciencias de la Educación Pontificia. Universidad de Chile. Chile.
17. Rodríguez, M. N., Ruiz, M. A. (2011). Indicadores de rendimiento de estudiantes universitarios: calificaciones versus créditos acumulados. Revista de Educación, 355. Mayo-agosto 2011, pp. 467-492.

18. Rodríguez, S., Fita, S., Torrado, M. (2004). El rendimiento académico en la transición secundaria-universidad. En: Revista de Educación. Temas actuales de enseñanza, 334, Mayo-Agosto
19. Ruiz, G., Ruiz, J. y Ruiz E. (2010). Indicador global de rendimiento. Revista Iberoamericana de Educación, volumen 4 (52)
20. Siegel, S., Castellan, N. (1995). *Estadística no paramétrica: aplicada a las ciencias de la conducta*. México: Editorial Trillas, S.A. de C.V.
21. Sistema básico de Indicadores para la Educación Superior en América Latina. (2012). INFOACES. España, Valencia.
22. Sistema de Planificación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. (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.
23. Tejedor, F. J, García-Valcárcel, A. (2007). Causas del bajo rendimiento del estudiante universitario (en opinión de los profesores y alumnos). Propuestas de mejora en el marco del EEES. Revista de Educación, 342. Enero-abril 2007, pp. 443-473
24. Wackerly, D., Mendenhall, W. y Scheaffer, R. (2010). *Estadística matemática con aplicaciones*. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.

25. Walpole, R., Myers, R., Myers, S. y Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México, D.F.: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
26. Webster, A. (2000). *Estadística aplicada a los negocios*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.

APÉNDICE

Apéndice 1. Tabla de la distribución normal

<i>z</i>	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
-3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0017	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0038
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
-1.8	.0359	.0352	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
-1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0722	.0708	.0694	.0681
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3482
-0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
-0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
-0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641

Fuente: Adaptado de Devore, (2012, pp. 774).

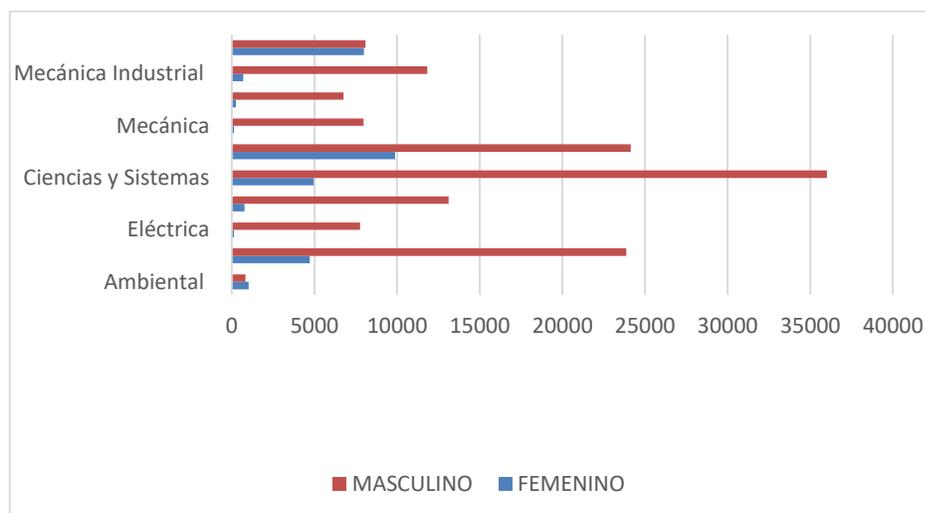
ANEXOS

Anexo 1. Cantidad de hombres y mujeres por carrera

Carrera de Ingeniería	FEMENINO	MASCULINO	TOTAL
AMBIENTAL	1427	1271	2698
CIVIL	7956	40085	48041
ELÉCTRICA	255	13039	13294
ELECTRÓNICA	1193	21940	23133
CIENCIAS Y SISTEMAS	6939	53421	60360
INDUSTRIAL	16044	41219	57263
MECÁNICA	312	13385	13697
MECÁNICA ELÉCTRICA	464	11233	11697
MECÁNICA INDUSTRIAL	1165	19817	20982
QUÍMICA	12640	12686	25326
Total general	48395	228096	276491

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Gráfico cantidad de hombres y mujeres por carrera



Fuente: elaboración propia.