

Maestría en Gestión de Información
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO EXPLORATORIO DEL IMPACTO DEL
HORARIO DE CLASES EN EL ÍNDICE DE APROBACIÓN DE UNA
ASIGNATURA**

**Caso Estudio: Departamento de Matemáticas – Escuela
Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**

Margarita Mónica Rey Perdomo

Bogotá, 7 de febrero de 2019



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO EXPLORATORIO DEL IMPACTO DEL
HORARIO DE CLASES EN EL ÍNDICE DE APROBACIÓN DE UNA
ASIGNATURA**

**Caso Estudio: Departamento de Matemáticas – Escuela
Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**

Trabajo de grado para optar al título de magíster en
Gestión de Información

Director

Yeimi Yazmin Peña López Ph. D.

Codirector

Javier Alexander Mayorga Melo M.Sc.

Jurado

Luis Daniel Benavides Navarro Ph.D.

Dante Conti Ph. D.

Fabiola del Toro Osorio Ing.

Bogotá, 7 de febrero de 2019

Nota de aceptación:

El trabajo de grado “Análisis Estadístico Exploratorio del Impacto del Horario de Clases en el Índice de Aprobación de una Asignatura. Caso estudio: Departamento de Matemáticas de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito”, presentado para optar por el título de Magister en Gestión de Información cumple con los requisitos establecidos y recibe nota aprobatoria.

Firma del Director del Trabajo de Grado

Firma del Codirector del Trabajo de Grado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá 7 de febrero de 2019

DEDICATORIA

En memoria de mi madre, que entregó gran parte de su vida terrenal por el bienestar y educación de sus dos hijas.

Mami, desde donde estés, por intermedio de tu ángel, has enviado la energía para protegernos y alentarnos.

Este logro es tanto tuyo como mío.

Te querré por siempre.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas a las que les tengo que agradecer:

- ✚ Primero que todo agradezco al universo y a Dios por darme la oportunidad del tránsito por este mundo con la salud y fortaleza para terminar este trabajo.
- ✚ A mi familia, mi esposo Juan Carlos, mis hijos Carlos Daniel y Andrés Felipe por ser el combustible de mi motor, y, por el incondicional apoyo y ánimo que me han dado para la culminación de mis estudios. A mi hermana Greis Ninotchka por su tenacidad, aliento, ejemplo y por creer siempre en mí.
- ✚ De nuevo a mi mami, Margarita, porque a pesar de su enfermedad me impulsó e incentivó para la realización de la maestría.
- ✚ A mis directores, Yeimy y Javier por su confianza y oportuna guía, porque siempre me sentí apoyada por ellos y, por el tiempo y empeño que dedicaron a mi trabajo.
- ✚ A mis amigos, por los momentos que no les dediqué y por su continuo soporte y enriquecimiento de mi ser.
- ✚ A Rocío, por su soporte y apoyo en los momentos en que no supe qué hacer. A mis jefes, por su comprensión y empuje.
- ✚ A mi amigo, colega y compañero de trabajo Ricardo Quintana S. por su oportuno consejo.
- ✚ Finalmente, no por ser menos importante, agradezco a la Escuela Colombiana de Ingeniería por la educación y el soporte económico que me ha brindado para llevar a buen término la culminación de mi maestría.

RESUMEN

El rendimiento de los estudiantes es una variable de alto interés para los investigadores y los administradores académicos de las universidades. El presente estudio hace un análisis estadístico exploratorio del impacto que pueda tener la hora en la que se programan las clases de matemáticas de una institución universitaria en Latinoamérica, y, el índice de aprobación de dichas asignaturas. Luego de indagar acerca del estado del arte, se realiza una contextualización del problema en cuanto a ubicación geográfica, nivel educativo y clase de asignaturas que se estudian.

Se cuenta con los datos históricos de once semestres de calificaciones de las asignaturas de matemáticas, cuyos registros contienen la hora de la clase, estudiante, asignatura, profesor, estado de aprobación, estado del estudiante, entre otros. El estudio se realiza utilizando análisis de Pareto¹, los cuales se encargan de organizar, de mayor a menor, las frecuencias de aprobación de las asignaturas de acuerdo con su hora de clase y plasmarlas gráficamente en diagramas de barras descendentes. Este tipo de análisis, permite identificar rápidamente las horas en las que el porcentaje de aprobación es más alto y más bajo. Los diagramas de Pareto se complementan con diagramas de barras simples en varios estadios: globalmente, asignatura por asignatura con todos los profesores, y, asignatura por asignatura suprimiendo los profesores de mayores y menores porcentajes de aprobación. Todos los análisis están debidamente soportados estadísticamente ya que los datos presentan una distribución normal.

Finalmente, se obtienen las conclusiones del estudio, en donde se encuentra que en la mayoría de asignaturas el delta entre el mayor y menor porcentaje de aprobación no alcanza el 10% a pesar de la hora de clase. Sin embargo, para las asignaturas de matemáticas que cursan los estudiantes de primer año, se observan

¹ Según (Bernal, 2010) el análisis de Pareto es una “Técnica para estudiar fuentes de problemas y las prioridades relativas de sus causas. Se emplea frecuentemente para evaluar causas de problemas de calidad en programas de total quality management (TQM).”

resultados diferentes que se sugiere estudiar con detenimiento. Adicionalmente, se propone para trabajos futuros, el análisis multivariado del problema, así como el diseño de una herramienta de inteligencia de negocios con análisis que se pueden realizar a nivel de big data para otras asignaturas, cursos, programas dentro de la universidad y que permita visualizar oportunamente las incidencias de una u otra variable en el rendimiento estudiantil.

Palabras clave: rendimiento estudiantil, horarios de clase, matemáticas, universidad, diagramas de Pareto, análisis exploratorio

ABSTRACT

The performance of students is a variable of high interest for researchers and academic administrators of universities. The present study makes an exploratory statistical analysis of the impact that the time in which the mathematics classes of a university in Latin America can be programmed, and the approval rate of said subjects. After inquiring about the state of the art, a contextualization of the problem is made in terms of geographical location, educational level and class of subjects studied.

The historical data of eleven semesters of grades of the subjects of mathematics are counted, whose registries contain the hour of the class, student, subject, professor, state of approval, state of the student, among others. The study is carried out using Pareto² analysis, which is responsible for organizing, from higher to lower, the approval frequencies of the subjects according to their class time and graph them in descending bar charts. This type of analysis allows you to quickly identify the hours in which the percentage of approval is higher and lower. Pareto diagrams are complemented with simple bar graphs in several stages: globally, subject by subject with all teachers, and, subject by subject, suppressing teachers of higher and lower percentages of approval. All the analyzes are duly supported statistically since the data present a normal distribution.

Finally, the conclusions of the study are obtained, where it is found that in most subjects the delta between the highest and lowest percentage of approval does not reach 10% despite the class time. However, for the mathematics subjects that the first-year students study, different results are observed that it is suggested to study carefully. Additionally, it is proposed for future work, the multivariate analysis of the problem addressed, as well as the design of a business intelligence tool that allows

² According to (Bernal, 2010) the Pareto analysis is a "Technique to study sources of problems and the relative priorities of their causes. It is frequently used to evaluate causes of quality problems in programs of total quality management (TQM). "

to visualize in a timely manner the incidences of one or another variable in student performance.

Keywords: student performance, class schedules, mathematics, university, Pareto diagrams, exploratory analysis

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	Objetivos	3
2.1	Objetivo general	3
2.2	Objetivos específicos	3
2.3	Descripción del Problema y Metodología Utilizada	4
3	REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4	CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
4.1	Acerca de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y del Departamento de Matemáticas.....	11
4.2	Descripción del proceso de la elaboración de horarios del Departamento de Matemáticas de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	12
4.2.1	Consideraciones generales para la elaboración de los horarios.....	12
4.2.2	Roles que intervienen en cada actividad	15
4.2.3	Revisar cuáles asignaturas se ofrecerán	15
4.2.4	Recolectar los Formatos de Disponibilidad Horaria de los Profesores	18
4.2.5	Proyectar del número de grupos a programar por asignatura	22
4.2.6	Diligenciar la Plantilla que Alimenta a DarwinEd.....	27
4.2.7	DarweinEd: Asignar horarios y asignaturas a cada profesor	27
4.2.8	Revisar Horarios	27
4.3	Análisis Gráfico como soporte de la problemática planteada en el manejo de horarios del Departamento de Matemáticas.	28
4.4	Aspectos que Impactan el Problema a Analizar y Conclusiones del Capítulo.	32
5	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS	34
5.1	Estudio del Comportamiento Global.....	39

5.1.1	Prueba de Independencia Chi-Cuadrado.....	39
5.1.2	Comportamiento Global: Frecuencia de Utilización de Horarios.....	41
5.1.3	Comportamiento Global: Cantidad de Estudiantes que Aprueban por Horario de Clase	42
5.1.4	Comportamiento Global: Porcentaje de Estudiantes que Aprueban por Horario de Clase	44
5.2	Estudio del Comportamiento del Índice de Aprobación Asignatura por Asignatura.....	47
5.2.1	Cálculo Diferencial: Comportamiento del índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.	47
5.2.2	Álgebra Lineal: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.	53
5.2.3	Ecuaciones Diferenciales: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.	55
5.2.4	Probabilidad: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.	58
5.2.5	Análisis Geométrico: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.	60
5.2.6	Precálculo: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.....	63
5.2.7	Cálculo Integral: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.	65
5.2.8	Cálculo Vectorial: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.	68
5.2.9	Estadística: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.....	70
5.2.10	Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.....	73
5.3	Resumen Consolidado e Interpretación de Resultados Asignatura por Asignatura sin Suprimir Registros.....	75

5.4	Estudio del Comportamiento Asignatura por Asignatura Suprimiendo los Registros de Profesores con Mayor y Menor Índice de Aprobación.	77
5.4.1	Pruebas de Normalidad de la Distribución de los Datos	77
5.4.2	Metodología para Realizar el Análisis Suprimiendo Profesores de las Colas	78
5.4.3	Álgebra Lineal	80
5.4.4	Cálculo Diferencial	81
5.4.5	Precálculo	82
5.4.6	Análisis Geométrico	84
5.4.7	Cálculo Integral	85
5.4.8	Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales	87
5.4.9	Cálculo Vectorial	87
5.4.10	Ecuaciones Diferenciales.....	88
5.4.11	Probabilidad	90
5.4.12	Estadística	91
5.5	Hallazgos e Interpretación de Resultados.....	93
5.6	Nuevo Módulo: Parametrizar los Horarios de las Asignaturas	97
6	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	99
	Bibliografía	102
	ANEXO 1 - Gráficas, tablas y diagramas para determinar los profesores con mayor y con menor índice de aprobación que se descartan en cada asignatura.....	104
	ANEXO 2 - Códigos en R.....	119

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Fases de la metodología de la investigación	5
Gráfico 2 Diagrama del Proceso Actual de Elaboración de Horarios del Departamento de Matemáticas	15
Gráfico 3 . Subproceso Recolectar disponibilidades de los profesores del Departamento de Matemáticas	18
Gráfico 4. Formato de Disponibilidad para Profesores de Cátedra del Departamento de Matemáticas	20
Gráfico 5. Formato de Disponibilidad para Profesores de Planta del Departamento de Matemáticas	21
Gráfico 6. Comportamiento histórico: Número de estudiantes de pregrado atendidos por el Departamento de Matemáticas	28
Gráfico 7. Comportamiento histórico: Número de estudiantes de pregrado	29
Gráfico 8. Proyección a 2022-1: Número de estudiantes de pregrado.....	30
Gráfico 9. Comportamiento histórico: Número de Profesores Departamento y Programa de Matemáticas	31
Gráfico 10. Comportamiento Histórico del Número de Profesores de Pregrado ...	32
Gráfico 11. Depuración y Alistamiento de la Base de Datos	36
Gráfico 12 Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Asignaturas del Departamento de Matemáticas. Semestres 2013-1 a 2018-1	42
Gráfico 13 Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban. Asignaturas del Departamento de Matemáticas. Semestres 2013-1 a 2018-1	44
Gráfico 14 Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Asignaturas del Departamento de Matemáticas. Semestres 2013-1 a 2018-1	45
Gráfico 15 Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban.(ordenado en forma descendente) Asignaturas del Departamento de Matemáticas. Semestres 2013-1 a 2018-1.....	46

Gráfico 16 Cálculo Diferencial. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1	48
Gráfico 17 Cálculo Diferencial. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	49
Gráfico 18 Cálculo Diferencial. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	51
Gráfico 19 Cálculo Diferencial. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1	52
Gráfico 20 Álgebra Lineal. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1	53
Gráfico 21 Álgebra Lineal. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	54
Gráfico 22 Álgebra Lineal. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1	55
Gráfico 23 Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1	56
Gráfico 24 Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	57
Gráfico 25 Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1	57
Gráfico 26. Probabilidad. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1	58
Gráfico 27. Probabilidad. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	59
Gráfico 28 Probabilidad. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1	60

Gráfico 29 Análisis Geométrico. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1	61
Gráfico 30 Análisis Geométrico. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	62
Gráfico 31 Análisis Geométrico. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1	62
Gráfico 32 Precálculo. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1	63
Gráfico 33 Precálculo. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	64
Gráfico 34 Precálculo. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1	65
Gráfico 35 Cálculo Integral. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1	66
Gráfico 36 Cálculo Integral. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	67
Gráfico 37 Cálculo Integral. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1	67
Gráfico 38 Cálculo Vectorial. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1	68
Gráfico 39 Cálculo Vectorial. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	69
Gráfico 40 Cálculo Vectorial. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1	70
Gráfico 41 Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1.....	71

Gráfico 42 Estadística. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	72
Gráfico 43 Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1	72
Gráfico 44 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1	73
Gráfico 45 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1	74
Gráfico 46 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1	75
Gráfico 47 Álgebra Lineal. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1	80
Gráfico 48 Álgebra Lineal. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1	81
Gráfico 49 Cálculo Diferencial. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1	82
Gráfico 50 Cálculo Diferencial. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1	82
Gráfico 51 Precálculo -. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1	83
Gráfico 52 Precálculo -. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1	84

Gráfico 53 Análisis Geométrico. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1	85
Gráfico 54 Análisis Geométrico. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1	85
Gráfico 55 Cálculo Integral. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1	86
Gráfico 56 Cálculo Integral. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los	86
Gráfico 57 Cálculo Vectorial. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1	88
Gráfico 58 Cálculo Vectorial. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1	88
Gráfico 59 Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1	89
Gráfico 60 Ecuaciones Diferenciales. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1	89
Gráfico 61 Probabilidad. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1	90
Gráfico 62 Probabilidad. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1	91

Gráfico 63 Estadística. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1	92
Gráfico 64 Estadística - Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1	92
Gráfico 65 Diagrama del Proceso Propuesto para la Elaboración de Horarios del Departamento de Matemáticas	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Asignaturas ofrecidas por el Departamento en el semestre 2018-2.....	16
Tabla 2 Asignaturas del Departamento de Matemáticas Candidatas a Análisis....	17
Tabla 3 Cálculo del Índice Promedio de Aprobación de cada Asignatura	23
Tabla 4 Comportamiento Esperado Semestre 2018-1: Aprobación y Pérdida o Cancelación de Asignaturas.....	24
Tabla 5 Clasificación de Estudiantes nuevos Esperados para 2019-1.....	25
Tabla 6 Proyección de la Cantidad de Estudiantes Esperados 2019-1	26
Tabla 7 Proyección de Cantidad de Grupos Por Asignaturas Esperados 2019-1 .	27
Tabla 8 Datos para la variable de entrada	38
Tabla 9. Frecuencias observadas de aprobación de asignaturas por franja horaria	40
Tabla 10. Frecuencias esperadas de aprobación de asignatura por franja horaria	40
Tabla 11. Cálculo del estadístico de prueba	41
Tabla 12 Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos.....	42
Tabla 13 Cantidad de estudiantes que aprueban las 10 asignaturas de acuerdo con la hora de la clase	43
Tabla 14 Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes que aprueban	43
Tabla 15 Vector que arroja R al calcular los porcentajes de aprobación de las 10 asignaturas de acuerdo con la hora de la clase.....	44
Tabla 16 Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban.....	45
Tabla 17 Datos para la Variable de Entrada. Asignatura Cálculo Diferencial.....	47
Tabla 18 Cálculo Diferencial - Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos	47
Tabla 19 Cálculo Diferencial. Cantidad de estudiantes que aprueban de acuerdo con la hora de la clase	49

Tabla 20 Cálculo Diferencial. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes que aprueban	49
Tabla 21 Cálculo Diferencial. Vector que arroja R al calcular los porcentajes de aprobación de acuerdo con la hora de la clase	50
Tabla 22 Cálculo Diferencial. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban	50
Tabla 23 Álgebra Lineal. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos.....	53
Tabla 24 Álgebra Lineal. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban	54
Tabla 25 Ecuaciones Diferenciales. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos	55
Tabla 26 Ecuaciones Diferenciales. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban	56
Tabla 27 Probabilidad. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos.....	58
Tabla 28 Probabilidad. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban	59
Tabla 29 Análisis Geométrico. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos	60
Tabla 30 Análisis Geométrico. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban	61
Tabla 31 Precálculo. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos.....	63
Tabla 32 Precálculo. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban	64
Tabla 33 Cálculo Integral. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos.....	65
Tabla 34 Cálculo Integral. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban	66

Tabla 35 Cálculo Vectorial. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos.....	68
Tabla 36 Cálculo Vectorial. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban	69
Tabla 37 Estadística. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos.....	70
Tabla 38 Estadística. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban	71
Tabla 39 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos	73
Tabla 40 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban	74
Tabla 41 Porcentajes de Aprobación de cada Asignatura en su Respectiva Hora de clase. Semestres 2013-1 a 2018-1.....	76
Tabla 42. Resultados pruebas de normalidad profesor vs. porcentaje de aprobación	78
Tabla 43 Álgebra Lineal - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor..	80
Tabla 44 Cálculo Diferencial - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor	81
Tabla 45 Precálculo - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor	83
Tabla 46 Análisis Geométrico - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor	84
Tabla 47 Cálculo Integral - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor	86
Tabla 48 Cálculo Vectorial - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor	87
Tabla 49 Ecuaciones Diferenciales - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor.....	89
Tabla 50 Probabilidad - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor	90
Tabla 51 Estadística - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor	91

Tabla 52 Comparativo % de Aprobación por Asignatura: Datos incluyendo a todos los Profesores y Datos suprimiendo los Profesores con % de Aprobación Extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1	95
---	----

1 INTRODUCCIÓN

Históricamente el rendimiento de los estudiantes ha sido una constante preocupación de las universidades y motivo de estudio de múltiples investigadores. Un índice importante, aunque no el único, del desempeño de los estudiantes es la aprobación o no de una asignatura, por tal razón su porcentaje de aprobación es uno de los indicadores que miden el rendimiento estudiantil.

De otra parte, existe la creencia de que los estudiantes tienen un mejor desempeño académico si las asignaturas de matemáticas son cursadas en las horas de la mañana. Con el fin de determinar con certeza si dicha creencia tiene soporte científico y cuáles serían las mejores horas para impartir las clases de matemáticas, el presente trabajo se encarga de analizar la influencia que tiene la franja horaria en el índice de aprobación de las asignaturas que ofrece el Departamento de Matemáticas de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Para el estudio propuesto, el trabajo se divide en seis capítulos o secciones. En el presente capítulo, se realiza una breve introducción al problema propuesto que pondrá en antecedentes al lector. El segundo capítulo expone el objetivo general del estudio, así como los objetivos específicos, poniendo el foco principal en determinar si las franjas horarias de las asignaturas de matemáticas inciden en su índice de aprobación (caso Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito).

Más adelante, se aborda una breve revisión de la literatura existente, encontrando que, si bien existen estudios al respecto, en su gran mayoría se enfocan en educación básica y secundaria, y, los que abordan la problemática en las universidades no se enfocan directamente en la enseñanza de las matemáticas sino en los horarios de asignaturas como programación de computadores y su análisis de los horarios entre la teoría y el laboratorio o práctica, o en asignaturas de economía y administración de empresas. El estudio aborda el problema planteado para una institución de educación superior, en donde el 95% de los estudiantes son

de ingenierías y para los cuales las ciencias básicas y por ende las matemáticas son cruciales en su formación.

En el capítulo cuarto, se realiza una contextualización del problema, iniciando con una breve descripción de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y del Departamento de Matemáticas, encargado de la administración académica de las asignaturas objeto del estudio. A continuación, se realiza una basta y detallada descripción del proceso de elaboración de horarios por parte del Departamento, el cual administra académicamente diez y ocho asignaturas, con alrededor de cuatro mil puestos estudiante y para lo cual cuenta con, aproximadamente, cien profesores. Dadas las cifras expuestas, se privilegian las medidas que se tomen con el propósito de aumentar el índice de aprobación de las asignaturas de matemáticas, tema con el cual se concluye el capítulo.

Luego de poner en contexto el problema y realizar un arqueo de la población que impactaría, el quinto capítulo se dedica al análisis e interpretación de los datos y los resultados. El estudio se realiza mediante la utilización de diagramas de Pareto y con el soporte estadístico, revisando que los datos tengan una distribución normal estandarizada, de tal forma que los resultados tengan el soporte científico apropiado. Inicialmente los análisis se realizaron, de forma global y para cada asignatura, sobre la base datos que contiene los registros de las notas de las asignaturas de matemáticas de once semestres y luego se realizó el análisis suprimiendo de la base de datos de cada asignatura los profesores con mayores y menores índices de aprobación. El final del capítulo, se recomienda la inclusión de un nuevo módulo en el proceso de elaboración de horarios que parametrize los horarios de las asignaturas de acuerdo con los resultados del índice de aprobación y su relación con las horas de clase, proceso que se sugiere sea monitoreado semestralmente.

Por último, en el capítulo seis se dan las conclusiones a las que se llega después del estudio, y, se realizan algunas recomendaciones para el proceso de elaboración de los horarios. Así mismo, se sugieren futuros trabajos, tomando como base la investigación realizada.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Revisar el proceso de generación de horarios de las asignaturas del Departamento Matemáticas de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y determinar si las franjas horarias de estas asignaturas inciden en su índice de aprobación.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar el proceso de generación de horarios de las asignaturas del Departamento de Matemáticas de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Analizar el contexto actual de las asignaturas, número de grupos y franjas horarias.
- Evaluar el estado del arte respecto a modelos e iniciativas que respondan a la incidencia de la franja horaria con el índice de aprobación de una asignatura de ciencias exactas en el contexto universitario.
- Analizar, a partir de registros de once semestres, si existe o no incidencia entre la franja horaria en la que se programan los grupos de una asignatura del Departamento de Matemáticas de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, y, el porcentaje de aprobación, de los estudiantes, de dicha asignatura.
- Definir un conjunto de recomendaciones de mejora para el mecanismo de estructuración de horarios con base en el análisis y resultados generados por este trabajo de grado.

2.3 Descripción del Problema y Metodología Utilizada

El problema planteado en el trabajo de grado consiste en que se presume que existe impacto entre la franja horaria en la que los estudiantes toman las clases de matemáticas y la aprobación de dichas asignaturas. Con el fin de determinar si existe una relación entre las variables franja horaria e índice de aprobación de las asignaturas, se utilizará a lo largo del trabajo la metodología que se explica a continuación.

- Identificación del problema: Se pretende identificar si existe relación entre las variables franja horaria y el índice de aprobación de las asignaturas del departamento de matemáticas. La identificación del problema se trabaja en detalle en el Capítulo 4.
- Revisión de la literatura: Se realiza una búsqueda en Science Direct con las palabras clave: Performance, Mathematics, University, Topics, Scheduling, los resultados de la búsqueda de información se presentan en el Capítulo 3
- Alcance del estudio: El estudio se delimita a un análisis estadístico exploratorio de los datos, lo cual se presenta con detalle en el Capítulo 5.
- Diseño de investigación: Se realiza una depuración o limpieza de la base de datos por medio del software Microsoft Excel. A continuación, se realizan análisis gráficos por medio de diagramas de Pareto y de diagramas de barras en el software estadístico R. La profundización de esta actividad está debidamente documentada en el Capítulo 5 y en el Anexo 2.
- Análisis de datos: Se hace una comparación entre los gráficos y tablas de datos arrojados en el análisis estadístico exploratorio. El desarrollo completo del análisis estadístico exploratorio de los datos se realiza en el Capítulo 5.
- Elaboración de reportes y resultados: Con base en los resultados obtenidos en el análisis de datos, y los gráficos y tablas que arrojan las compilaciones del software estadístico R, se sacan conclusiones, se dan recomendaciones y se

sugieren posibles investigaciones y trabajos futuros. Los gráficos obtenidos y los respectivos reportes se encuentran debidamente documentados en el Capítulo 5 y los Anexos 1 y 2.

Es importante aclarar que, debido a que el estudio es estadístico exploratorio básico, el trabajo realizado pretende mostrar posibles relaciones causa-efecto a través de la exploración de los datos mediante la visualización de gráficos de barras, así como de diagramas de Pareto para explicar posibles relaciones de incidencia del problema planteado. Por lo tanto, la investigación planteada no es un estudio de inferencia estadística, ni de diseño de experimentos, ni de pruebas de hipótesis o de análisis de varianza; la investigación no pretende inferir estadísticamente resultados contundentes. A continuación, en el Gráfico 1, se resumen las fases de la metodología de investigación utilizada.

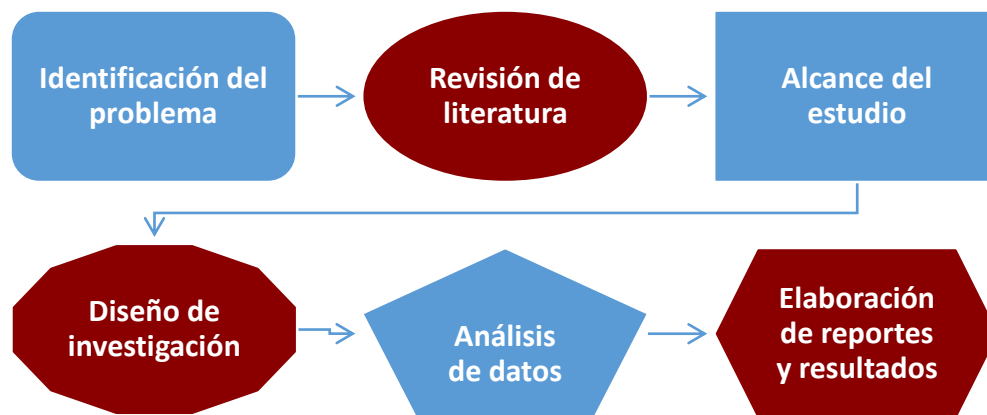


Gráfico 1 Fases de la metodología de la investigación

3 REVISIÓN DE LITERATURA

Con el fin de dar respuesta al objetivo de investigación propuesto, se ha realizado una revisión del estado del arte, dado que existen muchos aspectos que pueden influir en el rendimiento estudiantil. Para dar soporte al presente trabajo se realizó una búsqueda entre artículos y trabajos de grado de maestrías y doctorados que hicieran algún tipo de acercamiento al problema planteado.

Según Durán (2015), el rendimiento académico de un estudiante es un factor determinante en el desempeño del profesional, razón por la cual emplear esfuerzos en mejorar el rendimiento estudiantil impactará positivamente el trabajo del graduado. El investigador utilizó un diseño de investigación simple para evaluar la hipótesis de que “no hay diferencia significativa entre el horario de clase y el desempeño de los alumnos en informática”, basando su búsqueda exclusivamente en indagar sobre la conveniencia de programar la clase de teoría antes de la clase práctica (laboratorio) o posterior a ésta. Para el estudio se utilizó el software SPSS³ para el manejo estadístico y se concluyó que el horario de clase juega un papel importante en el desempeño de alumnos del curso Programación Informática-1 en el College of Computer Science. La investigación (Duran, 2015) se enfocó en las diferentes alternativas de horario entre la clase teórica y el laboratorio de una asignatura de programación de computadores, y a pesar de que tienen en cuenta horarios en la mañana y en la tarde, los resultados no se pueden extender para responder a la pregunta del presente trabajo.

Por otro lado, las universidades siempre están buscando innovaciones para aumentar la productividad y producir más estudiantes preparados académicamente. Una estrategia que las universidades pueden usar para mejorar el rendimiento de los estudiantes es reorganizar los horarios de los cursos a la mañana para, posiblemente, aumentar el rendimiento académico aprovechando los efectos de la hora del día (Aldaghir, 2017). Por lo anterior, el autor de la tesis para optar al título de doctor en economía propone estimar el efecto de la hora de inicio de clase en la

³ Statistical Package for the Social Sciences

calificación de un estudiante. Su estudio lo implementó sobre la asignatura Microeconomía en Middle Tennessee State University, encontrando que los hombres presentan mejor rendimiento académico en las mañanas que en las tardes y basó su disertación en la diferencia del rendimiento académico entre hombres y mujeres tomando todos los grupos de la asignatura de la mañana versus los grupos de la asignatura de las tardes. Ahora bien, en el estudio de Middle Tennessee State University el foco lo ponen en el género del estudiante, restandoles protagonismo a la variable de la hora de inicio de la clase.

Dillsa & Hernández-Julián (2008), aseguran que la calificación de un estudiante en un curso depende de muchas variables: la hora del día, la frecuencia de clase, las habilidades de los estudiantes, el tamaño de la clase, calificación de las prácticas o laboratorios, la dificultad del material y la eficiencia de la enseñanza. Su estudio se centra en el efecto de la hora del día y la frecuencia de las sesiones de clase, factores que, por lo general, no son abordados en los estudios de rendimiento estudiantil. Mediante un análisis de regresión multivariado entre el horario del curso y el rendimiento de los estudiantes, se muestra que se obtienen mejores resultados en una clase más tarde en el día y más a menudo durante la semana. En la medida en que las calificaciones reflejen el aprendizaje, los estudiantes aprenden más cuando se matriculan en clases que más tarde en el día y más a menudo. Los autores muestran especial interés en la frecuencia semanal de las clases y en la intensidad horaria cada día.

Entre otros, uno de los factores que pueden afectar el rendimiento de los estudiantes es el del tamaño de los cursos. Con respecto a este tema, Ngoboka & Schultz (2002) realizaron un estudio para determinar si el aumento en el tamaño del grupo de en un curso de Principios de Microeconomía que se impartió en UW-River Falls en el 2001 influyó en el desempeño de los estudiantes. A pesar de que existen muchas variables que habría que analizar adicionalmente, el resultado del estudio no arrojó que exista una relación directa entre el tamaño del grupo y el rendimiento del estudiante. Si bien es cierto que la asignatura sobre la que se llevo a cabo el estudio es de economía, la conclusión a la que llegaron los investigadores es insumo para

descartar la posible influencia que pueda tener el tamaño de los grupos de las asignaturas de matemáticas cuyos datos alimentan el presente trabajo.

De otro lado, con la entrada de las aulas virtuales y el trabajo on-line de los estudiantes para una asignatura, muchas investigaciones están indagando acerca de los efectos que estos echos tienen en el rendimiento de los estudiantes. En este sentido Korkofingas & Macri (2013), utilizando modelos de regresión, analizan si existe una relación estadísticamente significativa entre el tiempo que pasa un estudiante utilizando el sitio web del curso y el desempeño de la evaluación del estudiante. El estudio se realiza para un curso universitario de tercer año de pronóstico de negocios y la plataforma que alberga los materiales del curso es Blackboard. La plataforma permite extraer y calcular el tiempo empleado por cada estudiante en las actividades específicas de evaluación en línea. La evidencia sugiere que el tiempo pasado en línea en el sitio web del curso se asocia con un mayor rendimiento de la evaluación. En el caso de las asignaturas del Departamento de Matemáticas, todas tienen un curso en la plataforma Moodle con ayudas para cada una y que están a disposición de todos los estudiantes inscritos, independientemente de a qué hora tengan su clase presencial. Como todos los estudiantes tienen acceso a dichas ayudas, no se tomará como variable de entrada para el presente trabajo.

Las palabras clave para la búsqueda de literatura que se utilizaron en el presente capítulo son: class, scheduling, student. academic performance, math, university, grades, time.

Como conclusión de esta breve revisión del estado del arte, se puede determinar que los estudios responden parcialmente al objetivo de esta investigación. Razón por la cual consideramos conveniente continuar con la investigación y realizar el estudio del análisis del impacto del horario de clases en el índice de aprobación de una asignatura del Departamento de Matemáticas de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Es importante resaltar que, a pesar de encontrar algunos documentos que estudian parcialmente el problema propuesto, ninguno de estos apunta a estudios realizados en América Latina y aún menos en Colombia, razón por la cual, el presente estudio abre las puertas a la investigación por los senderos expuestos en la región.

4 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

A lo largo del tiempo, muchos educadores e investigadores han encaminado sus esfuerzos a encontrar nuevas estrategias para aumentar el rendimiento de los estudiantes, tanto en educación básica y media, como en educación universitaria o profesional. Al revisar la literatura, se encuentran varios estudios que analizan la problemática desde diferentes puntos de vista para educación básica y media; sin embargo, las variables que afectan a estudiantes entre los 5 y 15 años distan mucho de las que afectan a estudiantes entre los 16 y 23 años. En estudios recientes, algunos investigadores como Durán (2015), Aldaghir (2017) e incluso Korkofingas & Macri (2013), dedican su tiempo a indagar sobre las variables que afectan a estudiantes universitarios realizando diferentes hipótesis y analizando los resultados para encontrar las estrategias antes mencionadas. Al evaluar dichos estudios, se encuentra que se enfocan en disciplinas, como economía, programación de computadores o riesgos en negocios, cuyas características se alejan de las asignaturas de matemáticas cuya rigurosidad es mas fuerte debido a que son una rama de las ciencias exactas.

Dado que uno de los aspectos que mide el rendimiento de los estudiantes en un curso es el porcentaje de aprobación y que existe la creencia que los estudiantes tienen un mejor rendimiento si cursan las asignaturas de matemáticas en horas de la mañana, el problema que se planteará en el marco de este trabajo de grado, está referido a determinar si la hora de inicio de la clase (franja horaria) tiene o no tiene incidencia en el índice de aprobación de una asignatura de matemáticas a nivel universitario.

Particularmente se estudiará el problema planteado en las asignaturas del Departamento de Matemáticas de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, s.f.), la cual, para efectos de facilidad de referencia y lectura, aparecerá como Escuela en muchos apartes de éste documento. El problema planteado es importante ya que a partir del análisis de cuáles serían las mejores horas para dictar las clases de matemáticas, se pueden dar recomendaciones de cambios en los horarios de clase que

redundarían en un mayor rendimiento estudiantil, lo cual impactaría de forma inmediata en la retención de estudiantes en la universidad y a mediano plazo en la formación de mejores profesionales al servicio de la sociedad.

4.1 Acerca de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y del Departamento de Matemáticas.

La Escuela es una institución universitaria cuya naturaleza es de carácter tecnológico, según lo manifiestan los Lineamientos de Políticas Institucionales adoptados por el Claustro el 25 de agosto de 2008 (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2008).

Según apartes tomados del Portafolio Institucional de 2017 (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2017), "... la Escuela cuenta con profesores de alta preparación académica e investigativa, lo cual les permite desarrollar conocimientos orientados, principalmente, a la innovación y al progreso tecnológico, mediante el desarrollo de las funciones académicas de formación, construcción y desarrollo del conocimiento e interacción con el entorno".

Así mismo, "...promueve el desarrollo humano de todos los integrantes de la comunidad universitaria en su dimensión individual y colectiva, para lo cual dispone de las mejores condiciones que permiten el mejoramiento de la calidad de vida y ofrece acciones de apoyo personal, social, educativo y cultural. Además, propicia un clima institucional que posibilita su crecimiento integral..."

El Departamento de Matemáticas, es una unidad de servicio de la Escuela, que tiene como misión la de "organizar, coordinar y promover actividades asociadas a la formación, la generación de conocimiento y la relación con el entorno, en el área de Matemáticas. Específicamente tiene el compromiso de ofrecer las asignaturas de matemáticas a todos los programas de la Institución, incluido el Programa de Matemáticas." (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, s.f.)

Para efectos del cumplimiento de los Lineamientos Institucionales de la Escuela, de sus principios fundacionales y con el fin de mantener un clima institucional apropiado, es imprescindible que los estudiantes y profesores perciban de los programas o decanaturas, así como de las unidades de servicio y Departamentos, una administración apropiada y acorde con su bienestar.

Así pues, el Departamento ofrece las asignaturas de matemáticas que requieren los programas ofrecidos por la Escuela y entre los recursos humanos que utiliza para llevar a cabo su labor están el director del Departamento, los profesores de planta, los profesores de cátedra, la secretaria y los monitores académicos.

En el ejercicio de sus funciones, el Departamento en lo referente al desarrollo de sus cursos utilizó para el semestre 2018-1, 101 profesores de los cuales 18 son de planta, 81 de cátedra y 2 de otras dependencias.

Considerando la cantidad de grupos de cada asignatura y el número de profesores que intervienen en el ejercicio de las funciones del Departamento de Matemáticas, la franja horaria se torna en una variable relevante que puede impactar positiva o negativamente la maternidad de la asignatura, nombre al que se refiere el índice o porcentaje de aprobación de cada asignatura, el cual se calcula de acuerdo con la siguiente formula:

$$\% \text{ de maternidad} = \% \text{ de aprobación} = \frac{\text{Cantidad de estudiantes que aprueban}}{\text{Cantidad de estudiantes inscritos}} \times 100$$

4.2 Descripción del proceso de la elaboración de horarios del Departamento de Matemáticas de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

4.2.1 Consideraciones generales para la elaboración de los horarios

Entre las consideraciones que hay que tener en cuenta para la elaboración de los horarios del Departamento están las siguientes:

- a. Franjas horarias en la Escuela. Actualmente en la Escuela todas las asignaturas de pregrado ofrecen sus clases en sesiones de una hora y media cada una. Diariamente las clases de pregrado inician a las 7:00am, la siguiente a las 8:30am, y así cada hora y media hasta la última clase del día que va de 5:30pm a 7:00pm. Los sábados la última clase de pregrado inicia a las 11:30am y finaliza a la 1:00pm.
- b. Cantidad de sesiones por asignatura. A cada una de las asignaturas, le corresponden 2, 3, 4 o incluso 5 sesiones de clase por semana, esto depende, básicamente del número de créditos de cada asignatura. Por ejemplo, en el caso de cálculo diferencial la asignatura tiene cuatro sesiones de hora y media a la semana (seis horas de clase a la semana) y en el caso de álgebra lineal la asignatura tiene una intensidad horaria de cuatro y media horas semanales, es decir, tres sesiones de hora y media a la semana.
- c. Restricciones de horario. La Escuela tiene establecida una sesión de la franja horaria de las 11:30 dispuesta únicamente para asuntos institucionales que es los lunes de 11:30am a 1:00pm, por tal razón, no se deben programar clases en esta sesión.

Así mismo, para los profesores de planta, el Departamento tiene restringida la sesión de los jueves de 2:30pm a 4:00pm para la realización de reuniones y trabajo en equipos. Por lo anterior, ningún profesor de planta debería tener clase programada en este intervalo de tiempo.

- d. Restricciones por carrera. También hay que tener en cuenta que los estudiantes de ingeniería biomédica sólo asisten a la Escuela los días martes, jueves y viernes, ya que los lunes, miércoles y sábados están destinados para clases en la Universidad del Rosario por ser un programa compartido entre las dos universidades. En este caso, se destinan grupos de cada asignatura obligatoria para los estudiantes de ingeniería biomédica que solo tengan clases los días antes mencionados.

Como ejemplo, en el caso de Cálculo Integral, que tiene una intensidad de 4 sesiones a la semana (6 horas), se programan sesiones los días martes de 10:00 a 11:30, jueves de 10:00am a 11:30 y viernes de 10:00am a 1:00pm (dos sesiones seguidas). Lo ideal es que para asignaturas que tienen cuatro o más sesiones a la semana, y, por lo tanto, sea necesario programar dos sesiones en un mismo día, estas sean en franjas horarias consecutivas.

- e. Restricción de horarios para estudiantes nuevos. Otra restricción a tener en cuenta es que, por disposición de la Secretaría General de la Escuela, los estudiantes nuevos que ingresan a la Escuela no deben tener clases en la franja de 5:30pm a 7pm, durante su primer semestre de estudio en la Escuela. Por esta razón, asignaturas como precálculo, análisis geométrico, y, los grupos de cálculo diferencial para estudiantes nuevos no deben ser programados en esta franja horaria.
- f. Restricción por número de salones. Este aspecto tiene impacto en cantidad de grupos que se pueden programar en cada franja horaria. El alcance de este trabajo de grado no utiliza como variable recursos físicos tales como salones o recursos económicos.

Fruto del desarrollo de la tesis se realizó el levantamiento de la información para poder identificar claramente las actividades que conforman el proceso de elaboración de horarios por parte del Departamento. En el Gráfico 2, se pueden observar las actividades macro que se deben ejecutar con el fin de, semestralmente, llevar a buen término el proceso de elaboración de horarios del Departamento de Matemáticas de la Escuela.

Con el fin de analizar el efecto que pueden tener las franjas horarias en el índice de aprobación de las asignaturas, es necesario contextualizar cómo el Departamento de Matemáticas planea los horarios de sus cursos, en cuanto a cantidad de grupos por asignatura y recursos disponibles (profesores), aspectos que se explicarán a continuación.

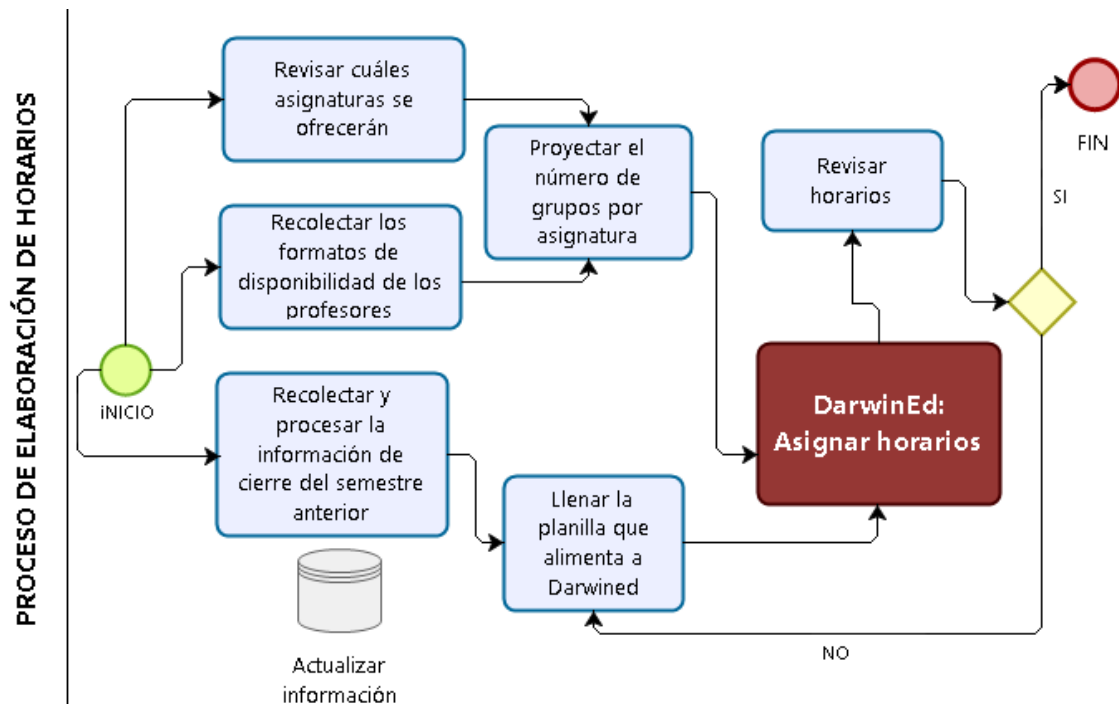


Gráfico 2 Diagrama del Proceso Actual de Elaboración de Horarios del Departamento de Matemáticas

4.2.2 Roles que intervienen en cada actividad

Cada una de las actividades relacionadas en el Gráfico 2 es desarrollada por uno o varios actores. Los roles que intervienen en el proceso de elaboración de horarios del Departamento son: Director del Departamento, Colaborador 1, Colaborador 2, Secretaria y Profesores. En las secciones que siguen se describen las actividades, y en cada una se identifican los actores que intervienen.

4.2.3 Revisar cuáles asignaturas se ofrecerán

Roles responsables: Director del Departamento y los dos colaboradores.

Uno de los subprocesos que es necesario realizar consiste en revisar cuáles asignaturas se ofrecerán el siguiente semestre (ver Gráfico 2). Las asignaturas que se consideran en la elaboración de horarios del Departamento son de dos tipos:

- Asignaturas que ofrecerá el Departamento de Matemáticas para el siguiente semestre. Estas asignaturas serán ofrecidas por el Departamento para el siguiente semestre y son responsabilidad de éste, es decir todas las asignaturas

de matemáticas que requieren los programas, exceptuando las propias de la carrera de Matemáticas, las cuales ofrece y administra la decanatura del programa. Actualmente, se ofrecen las asignaturas que están dispuestas en las mallas curriculares de los programas de pregrado en ingeniería, administración, economía y matemáticas que ofrece la Escuela. En el semestre 2018-2 el Departamento ofreció 18 asignaturas, ver Tabla 1.

Asignaturas ofrecidas por el Departamento en el semestre 2018-2	
Álgebra lineal (ALLI)	Caos y fractales (CAFR)
Análisis Geométrico (AGEO)	Construcciones Geométricas (CONG)
Análisis Numérico (ANUM)	Ecuaciones Diferenciales (ECDI)
Cálculo Diferencial (CALD)	Estadística (ESTI)
Cálculo Diferencial – Taller (TCAD)	Planteamiento y Solución de Problemas Matemáticos (PSOL)
Cálculo Integral y Ecuaciones Diferenciales (CIED)	Precálculo (PREM)
Cálculo Integral (CALI)	Precálculo –Taller (TPRE)
Cálculo Multivariado y Probabilidad (CMVP)	Probabilidad (PRBA)
Cálculo Vectorial (CALV)	Probabilidad Discreta (PDIS)

Tabla 1 Asignaturas ofrecidas por el Departamento en el semestre 2018-2

- b. Asignaturas que ofrecerá el Programa de Matemáticas. Estas asignaturas serán ofrecidas por el Programa para el siguiente semestre con sus respectivos profesores. Dado que el Departamento y el Programa de Matemáticas comparten muchos de los profesores, y con el ánimo de no cruzar al profesor consigo mismo, la ejecución de la parte logística de esta actividad se centra en el Departamento. Generalmente, el Programa le envía al Departamento el listado de asignaturas que abrirá para el siguiente semestre, con el respectivo profesor que las dictará. Debido a que el Programa es pequeño y tiene un número reducido de estudiantes, para estas asignaturas solo es necesario programar un grupo de cada una, para el semestre 2018-2 el Programa ofreció 25 asignaturas, las cuales no son objeto de estudio en este trabajo de grado.

Es de anotarse que a pesar de que el Departamento es autónomo en la elaboración de sus horarios, es necesario coordinar con el Programa para que los profesores no

queden con una asignación de carga muy baja, ni con horarios físicamente imposibles de cumplir.

Planteado el panorama anterior, el Departamento es responsable, para la elaboración de los horarios por 44 asignaturas (para el 2018-2): 19 propias, de las cuales debe programar el número de grupos necesario de acuerdo con las proyecciones de las necesidades para el semestre; y, a este proceso se le suman 25 asignaturas propias del Programa de Matemáticas, las cuales, proyecta el Programa y entrega, al equipo responsable de la elaboración de los horarios del Departamento, el listado de asignaturas con el respectivo profesor.

Actualmente la elaboración de los horarios en la Escuela experimenta un proceso de cambio debido a la entrada de DarwinEd (Foris, s.f.), un nuevo software para la elaboración de horarios, por lo tanto, algunos de los procedimientos de la elaboración de los horarios están siendo modificados.

Debido a que el propósito principal de este trabajo es encontrar la relación que existe entre las franjas horarias y el porcentaje de aprobación de cada asignatura, solo se considerarán aquellas asignaturas sobre las que se programen más de un grupo de cada una, que reporten evaluación cuantitativa de los estudiantes al sistema de registro, es decir nota aprobatoria o no, y por supuesto que se hayan programado en diferentes franjas horarias. Las once asignaturas que satisfacen estas condiciones se relacionan en la Tabla 2 .

Asignaturas del Departamento de Matemáticas Candidatas a Análisis	
Álgebra lineal (ALLI)	Cálculo Vectorial (CALV)
Análisis Geométrico (AGEO)	Ecuaciones Diferenciales (ECDI)
Análisis Numérico (ANUM)	Estadística (ESTI)
Cálculo Diferencial (CALD)	Precálculo (PREM)
Cálculo Integral y Ecuaciones Diferenciales (CIED)	Probabilidad (PRBA)
Cálculo Integral (CALI)	

Tabla 2 Asignaturas del Departamento de Matemáticas Candidatas a Análisis

4.2.4 Recolectar los Formatos de Disponibilidad Horaria de los Profesores

Rol responsable: Secretaria y profesores.

Como se mencionó con anterioridad, la cantidad de profesores que utiliza el Departamento para cubrir la demanda académica de las asignaturas de matemáticas es alrededor de 100 profesores. El subproceso de la recolección de la información de los profesores tanto de planta como de cátedra se muestra detallado en el Gráfico 3.

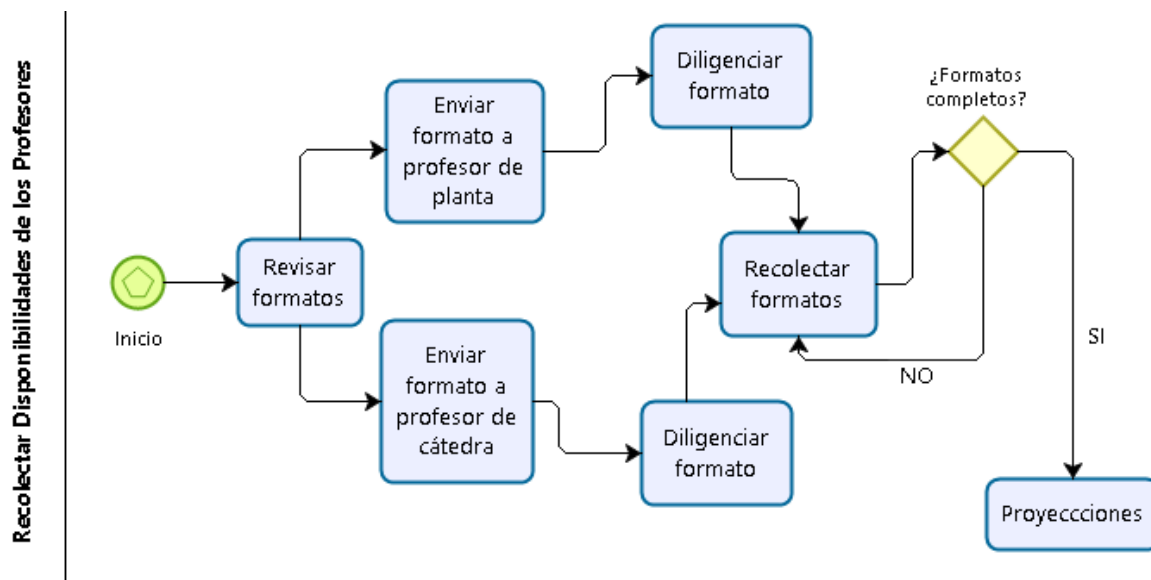


Gráfico 3 . Subproceso Recolectar disponibilidades de los profesores del Departamento de Matemáticas

Existen dos tipos de profesores de acuerdo con su contratación laboral. Están los profesores de planta, cuyo contrato laboral exige dedicación exclusiva con la Escuela y quienes pueden ser de dedicación tiempo completo, medio tiempo o 3/4 de tiempo. La mayoría de éste tipo de profesores del Departamento son de tiempo completo. El otro tipo de profesores son los de cátedra, quienes tienen un contrato por semestre y sólo se les paga por las horas de cátedra que enseñan en la universidad.

Para la elaboración de los horarios por parte del Departamento, se les solicita a los profesores diligenciar un formato con su disponibilidad horaria y las asignaturas que

están dispuestos a enseñar en un formato, el cual está diseñado en Excel. Dicho formato es enviado a los profesores vía correo electrónico y ellos deben devolverlo a la secretaria del Departamento por el mismo medio. Existen dos tipos de formatos, el que se envía a los profesores de cátedra y el que se envía a los profesores de planta, los cuales se muestran a continuación:

- a. Formato para los profesores de cátedra. (Ver Gráfico 4). En este formato se le solicita al profesor diligenciar su nombre, marcar las asignaturas que estaría dispuesto a tener a su cargo e indicar cuales son las asignaturas de su preferencia. Para el 2018-1 el número de profesores de cátedra fue de 83. Así mismo es necesario diligenciar la casilla correspondiente a cada hora de la semana con unos o ceros dependiendo de su disponibilidad. Finalmente, se debe informar si tendrá asignaturas a cargo en otras dependencias de la Escuela.
En general, los profesores de cátedra tienen disponibilidades restringidas y no se les puede asignar clases por fuera de su disponibilidad.
- b. Formato para los profesores de planta (Ver Gráfico 5). El formato es similar al de los profesores de cátedra con la diferencia de que a los profesores de planta no se les pide llenar una a una las casillas de las horas de clase, sino que se les solicita indicar la preferencia de horario de trabajo dando tres opciones e indicar la preferencia de hora de almuerzo con el fin de no programarles clases a esa hora. En general el Departamento tiene más flexibilidad al momento de asignarle la carga académica, ya que al ser de planta el profesor debe estar disponible en toda la jornada laboral para dictar sus clases. Para el 2018-1 el Departamento contaba con 18 profesores de planta

Como se puede observar, el Departamento tiene más restricciones al momento de asignar la carga académica a los profesores de cátedra, ya que, por el tipo de contrato laboral, solamente se les puede asignar clase en las horas en las que los profesores están disponibles. La incidencia de la disponibilidad de los profesores de planta en la logística y elaboración de los horarios es menor ya que en general tienen todo el día disponible para las clases.

FORMATO DISPONIBILIDAD PROFESORES CÁTEDRA

APELLIDOS Y NOMBRES DEL PROFESOR (Completo):	Lunes						Martes						Miércoles						Jueves						Viernes						Sábado								
	07:00	08:30	10:00	11:30	13:00	14:30	16:00	17:30	07:00	08:30	10:00	11:30	13:00	14:30	16:00	17:30	07:00	08:30	10:00	11:30	13:00	14:30	16:00	17:30	07:00	08:30	10:00	11:30	13:00	14:30	16:00	17:30	07:00	08:30	10:00	11:30			
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Favor diligenciar cada casilla así: **0 (cero) NO disponible; 1 (uno) Disponible para clases**

ASIGNATURAS QUE DESEA TENER A SU CARGO

Precálculo	PREM	<input type="checkbox"/>
Análisis Geométrico	AGEO	<input type="checkbox"/>
Algebra Lineal	ALLI	<input type="checkbox"/>
Cálculo Diferencial	CALD	<input type="checkbox"/>
Cálculo Integral	CALI	<input type="checkbox"/>
Cálculo Vectorial	CALV	<input type="checkbox"/>
Ecuaciones Diferenciales	ECDI	<input type="checkbox"/>
Probabilidad y Estadística	PRYE	<input type="checkbox"/>
Análisis Numérico	ANUM	<input type="checkbox"/>
Estadística	ESTI	<input type="checkbox"/>
Probabilidad	PRBA	<input type="checkbox"/>
Construcciones Geométricas	CONG	<input type="checkbox"/>
Caos y Fractales	CAFR	<input type="checkbox"/>
Planteamiento y Solución de Problemas	PSOL	<input type="checkbox"/>
Cálculo Multivariado y Probabilidad	CMVP	<input type="checkbox"/>

Preferencia

1.
2.
3.

Si usted tendrá a su cargo asignaturas de otras dependencias, favor relacionelas a continuación:

--

Observaciones

--

Gráfico 4. Formato de Disponibilidad para Profesores de Cátedra del Departamento de Matemáticas

FORMATO DISPONIBILIDAD PROFESORES DE PLANTA

APELLIDOS Y NOMBRES DEL PROFESOR (Completo):

Marque con una X la franja de asignación de clases de su preferencia

7:00-16:00	8:30-17:30	10:00-19:00
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ASIGNATURAS QUE PODRÍA TENER A SU CARGO EN 2019-1

Precálculo	PREM	<input type="checkbox"/>
Análisis Geométrico	AGEO	<input type="checkbox"/>
Algebra Lineal	ALLI	<input type="checkbox"/>
Cálculo Diferencial	CALD	<input type="checkbox"/>
Cálculo Integral	CALI	<input type="checkbox"/>
Cálculo Vectorial	CALV	<input type="checkbox"/>
Ecuaciones Diferenciales	ECDI	<input type="checkbox"/>
Probabilidad y Estadística	PRYE	<input type="checkbox"/>
Análisis Numérico	ANUM	<input type="checkbox"/>
Estadística	ESTI	<input type="checkbox"/>
Probabilidad	PRBA	<input type="checkbox"/>
Construcciones Geométricas	CONG	<input type="checkbox"/>
Caos y Fractales	CAFR	<input type="checkbox"/>
Planteamiento y Solución de Problemas	PSOL	<input type="checkbox"/>
Cálculo Multivariado y Probabilidad	CMVP	<input type="checkbox"/>

Marque con una X la franja de almuerzo de su preferencia

11:30-13:00	13:00-14:30
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Preferencia

1.	<input type="text"/>
2.	<input type="text"/>
3.	<input type="text"/>

Si usted tendrá a su cargo asignaturas de otras dependencias, favor relacionelas a continuación:

Observaciones

Gráfico 5. Formato de Disponibilidad para Profesores de Planta del Departamento de Matemáticas

Normalmente, los profesores tienen entre 8 y 15 días, para retornar la información diligenciada, a partir del momento en el que le llega el correo de solicitud de disponibilidad.

En lo referente al tema propuesto en este trabajo de grado, el impacto de la disponibilidad horaria de los profesores de cátedra es considerable ya que el porcentaje de profesores de cátedra es elevado y no se puede contar con su disponibilidad todo el día, aspecto que afecta las franjas horarias en las que se programan los cursos.

4.2.5 Proyectar del número de grupos a programar por asignatura

Rol responsable: Colaborador 1

4.2.5.1 Cantidad de estudiantes esperados por asignatura

Se entiende como semestre objetivo, el semestre para el que se elaborarán los horarios y para el cual se harán las proyecciones.

Las proyecciones deben dar respuesta a las siguientes dos preguntas:

- a. ¿Cuáles son las asignaturas que se ofrecerán en el semestre objetivo?
- b. ¿Cuántos grupos hay que abrir de cada de las asignaturas una para el semestre objetivo?

Para contestar a la primera pregunta, se consideran las asignaturas de matemáticas obligatorias que se encuentran en cada uno de los programas de pregrado que ofrece la Escuela, las materias electivas que ofrece el Departamento y las materias del Programa de Matemáticas.

Para responder a la segunda pregunta, es necesario tener en cuenta el índice de aprobación o maternidad histórica de cada asignatura (I_a).

Del sistema de Registro se obtienen los datos reales de cuántos estudiantes perdieron, cuántos estudiantes aprobaron y cuántos estudiantes cancelaron cada asignatura en los seis semestres inmediatamente anteriores. Esto con el fin de calcular los índices de aprobación de los últimos seis semestres (I_{a1} , I_{a2} ,...

la6), con los anteriores datos se obtiene se obtiene el índice de maternidad proyectado (I_p), Ver Tabla 3.

$$I_p = \sum_{k=1}^6 I_{ak} / 6$$

Cálculo del Índice Promedio de Aprobación de cada Asignatura									
Asignatura			2015-2	2016-1	2016-2	2017-1	2017-2	2018-1	Índice de Proyección I_p 2018-2
Nombre completo	Sigla	Tipo							
Álgebra lineal	ALLI	Obligatoria	0.63498	0.65476	0.54283	0.63057	0.61765	0.57668	0.60958
Análisis Geométrico	AGEO	Obligatoria	0.59598	0.70822	0.64606	0.69662	0.67756	0.72163	0.67435
Análisis Numérico	ANUM	Mixta	0.92025	0.88024	0.87678	0.90000	0.90000	0.87356	0.89181
Cálculo Diferencial	CALD	Obligatoria	0.58946	0.68199	0.66811	0.61501	0.60516	0.58896	0.62478
Cálculo Int. y Ecuaciones Diferenciales	CIED	Obligatoria	0.58333	0.60526	0.64706	0.70175	0.79630	0.74194	0.67927
Cálculo Integral	CALI	Obligatoria	0.68935	0.62825	0.66124	0.69948	0.63422	0.63132	0.65731
Cálculo Vectorial	CALV	Obligatoria	0.66667	0.70020	0.75592	0.64063	0.57820	0.59875	0.65673
Ecuaciones Diferenciales	ECDI	Obligatoria	0.75106	0.76522	0.73589	0.69471	0.66284	0.63465	0.70740
Estadística	ESTI	Obligatoria	0.79063	0.79156	0.81686	0.78862	0.82398	0.76611	0.79629
Precálculo	PREM	Obligatoria	0.49070	0.62165	0.60274	0.57948	0.56690	0.61866	0.58002
Probabilidad	PRBA	Obligatoria	0.89460	0.86713	0.75521	0.88089	0.89724	0.88030	0.86256

Tabla 3 Cálculo del Índice Promedio de Aprobación de cada Asignatura

En éste punto es pertinente hacer la aclaración de que I_p se utilizará para calcular la proyección de la cantidad de estudiantes que se espera aprueben la asignatura para el semestre en curso. Para las asignaturas electivas no es necesario hacer proyecciones ya que, así como las materias propias del Programa de Matemáticas, solo se ofrece un grupo de cada electiva con cupo de 20 a 25 estudiantes, razón por la cual dichas asignaturas no son objetivo de estudio y análisis.

Mediante las siguientes formulas, en la Tabla 4 como ejemplo para el periodo 2018-2, se obtiene la cantidad esperada de estudiantes que aprobarán (E_a), y, que perderán o cancelarán (E_p) cada asignatura utilizando el índice de aprobación promedio que se acaba de calcular y tomando del sistema de Registro la cantidad de estudiantes inscritos, en el semestre en curso en cada asignatura (E_i).

$$E_a = E_i \times I_p, \quad E_p = E_i - E_a$$

Comportamiento Esperado Semestre 2018-2: Aprobación y Pérdida o Cancelación de Asignaturas						
Asignatura			Índice de Proyección I_p	No. de estudiantes 2018-2		
Nombre completo	Sigla	Tipo		Inscritos (Ei)	Aprueban (Ea)	Pierden o Cancelan (Ep)
Álgebra lineal	ALLI	Obligatoria	0.60958	693	422	271
Análisis Geométrico	AGEO	Obligatoria	0.67435	412	278	134
Análisis Numérico	ANUM	Mixta	0.89181	236	210	26
Cálculo Diferencial	CALD	Obligatoria	0.62478	644	402	242
Cálculo Int. y Ecuaciones Diferenciales	CIED	Obligatoria	0.67927	69	47	22
Cálculo Integral	CALI	Obligatoria	0.65731	489	321	168
Cálculo Vectorial	CALV	Obligatoria	0.65673	603	396	207
Ecuaciones Diferenciales	ECDI	Obligatoria	0.70740	552	390	162
Estadística	ESTI	Obligatoria	0.79629	488	389	99
Precálculo	PREM	Obligatoria	0.58002	475	276	199
Probabilidad	PRBA	Obligatoria	0.86256	408	352	56

Tabla 4 Comportamiento Esperado Semestre 2018-1: Aprobación y Pérdida o Cancelación de Asignaturas

Para los segundos semestres del año hay que tener en cuenta lo que haya ocurrido en el período intersemestral del año en curso, en cuanto a número de estudiantes inscritos, porcentajes de aprobación, número de estudiantes que pierden la asignatura y número de cancelaciones.

Generalmente, una vez finalizado el primer semestre del año e iniciado el semestre intersemestral se ajustan las proyecciones para el segundo semestre del año y se hacen los cambios que estos ajusten originen en los horarios a ofrecer. Cuando el semestre objetivo es el primer semestre del año, no hay necesidad de revisar lo ocurrido en el intersemestral, ya que la Escuela ofrece éste tipo de cursos únicamente en los meses de junio y julio del año. Este es el caso para la proyección del número de grupos que se abrirán en el 2019-1 (período objetivo).

Es necesario aclarar que el índice de aprobación del período intersemestral es diferente al de un período regular. En este caso, las proyecciones se realizan con el índice de aprobación de cada asignatura del período intersemestral del año anterior.

Otro insumo necesario para calcular el número de estudiantes de cada asignatura para el semestre objetivo (para este caso 2019-1), es la cantidad de estudiantes nuevos que ingresan a la Escuela. Esta es otra cifra incierta en la fecha de planear los cursos del semestre siguiente. Por lo general, se planea con la cifra del año anterior, debido a que no ingresan la misma cantidad en el primer

semestre que en el segundo semestre de cada año. La cifra de estudiantes nuevos es el doble o más para el semestre académico que inicia en enero de la del semestre que inicia en agosto. Para el semestre 2019-1 se espera ingresen 700 estudiantes nuevos a la Escuela.

De otra parte, otro aspecto que puede afectar el número de grupos de las asignaturas que cursan los estudiantes nuevos en la Escuela, es que todos los estudiantes que ingresan a ésta, son clasificados de acuerdo al examen del estado (ICFES) quedando en nivel básico, medio o alto. Esta clasificación es importante ya que las asignaturas de matemáticas que cursen dependen de dicha clasificación. Por ejemplo, para la programación del 2019-1 se proyecta que ingresarán 700 estudiantes nuevos y que quedarán clasificados como se muestra en la Tabla 5.

Clasificación de Estudiantes Nuevos Esperados 2019-1			
Nivel		Cantidad	Asignaturas a cursar
Alto	13%	91	Cálculo Diferencial y Álgebra Lineal*
Medio y bajo	77%	609	Precálculo y Análisis Geométrico
Estudiantes Esperados		700	

* La asignatura Álgebra Lineal la cursan todos los programas excepto Ingeniería Mecánica que en su malla curricular la tiene prevista un semestre después de Cálculo Diferencial.

Tabla 5 Clasificación de Estudiantes nuevos Esperados para 2019-1

Para la programación de la asignatura álgebra lineal se calcula que el 75% de estudiantes de clasificación alta verán la asignatura, para el caso en estudio se programará con el 75% de 91, es decir 68 estudiantes.

Con respecto a las asignaturas obligatorias, la cantidad de estudiantes que se espera cursarán cada asignatura se descompone en los siguientes tres tipos:

- a. Estudiantes que aprueban la(s) asignatura(s) prerrequisito en el 2018-2.
- b. Estudiantes que pierden o cancelan la asignatura en el 2018-2.
- c. Estudiantes nuevos que ingresan a la Escuela el semestre objetivo 2019-1.

Así mismo para el cálculo de la cantidad de estudiantes para el siguiente semestre se tienen en cuenta las materias que son prerrequisitos de las asignaturas, así como de qué programa son los estudiantes que las deben cursar.

A continuación, en la Tabla 6 se muestran los resultados del cálculo de las proyecciones de las asignaturas obligatorias

PROYECCIÓN DE CANTIDAD DE ESTUDIANTES ESPERADOS 2019-1 DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS		
Álgebra lineal	ALLI	604
Análisis Geométrico	AGEO	772
Análisis Numérico	ANUM	217
Cálculo Diferencial	CALD	491
Cálculo Int. y Ecuaciones Diferenciales	CIED	23
Cálculo Integral	CALI	569
Cálculo Vectorial	CALV	528
Ecuaciones Diferenciales	ECDI	558
Estadística	ESTI	451
Precálculo	PREM	846
Probabilidad	PRBA	99
Probabilidad y Estadística (Asignatura nueva)	PRYE	520

Tabla 6 Proyección de la Cantidad de Estudiantes Esperados 2019-1

Los cálculos que se han realizado en ésta sección son insumo para calcular el número de grupos que se deberán abrir para el semestre objetivo del estudio, lo cual tiene una incidencia directa en las franjas horarias en las que se programan los cursos, ya que se deben ofrecer la cantidad de grupos necesarios de las asignaturas en diferentes horarios para que los estudiantes puedan elegir el que mejor se acomode con las otras asignaturas que este cursando.

4.2.5.2 Número de grupos por asignatura

Con el fin de asignar los horarios y asignaturas a los profesores tanto de planta como de cátedra, es necesario determinar el número de grupos que se requiere abrir de cada asignatura para el semestre objetivo. Dependiendo de las necesidades académicas y curriculares, a cada asignatura se le asigna un número máximo de estudiantes por grupo, y, con los cálculos del número de estudiantes esperado, se obtiene el número de grupos de cada asignatura.

$$\text{Número de grupos} = \frac{\text{Cantidad de estudiantes esperado}}{\text{Cantidad máxima de estudiantes por grupo}}$$

En la Tabla 7 se puede observar el resumen de las proyecciones para el 2019-1 tanto de estudiantes esperados como de número de grupos por asignatura.

PROYECCIÓN DE CANTIDAD DE GRUPOS POR ASIGNATURAS ESPERADOS 2019-1 DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS				
Asignatura	Sigla	Estudiantes Esperados	Estudiantes por grupo	Número de Grupos
Álgebra lineal	ALLI	604	25	24
Análisis Geométrico	AGEO	772	25	31
Análisis Numérico	ANUM	217	30	7
Cálculo Diferencial	CALD	491	25	20
Cálculo Int. y Ecuaciones Diferenciales	CIED	23	32	1
Cálculo Integral	CALI	569	32	18
Cálculo Vectorial	CALV	528	32	17
Ecuaciones Diferenciales	ECDI	558	32	17
Estadística	ESTI	451	32	14
Precálculo	PREM	846	25	34
Probabilidad	PRBA	99	32	3
Probabilidad y Estadística*	PRYE	520	32	16

* Asignatura nueva

Tabla 7 Proyección de Cantidad de Grupos Por Asignaturas Esperados 2019-1

Ahora bien, el análisis de la incidencia entre la franja horaria en la que se dicta una asignatura y el índice de aprobación podría arrojar resultados que permitan sugerir cuáles, en la medida de lo posible son las horas en la que se deberían programar los cursos para aumentar el índice de aprobación y por qué no impactar en disminuir la deserción estudiantil.

4.2.6 Diligenciar la Plantilla que Alimenta a DarwinEd.

Rol responsable: Colaborador 2

La información de disponibilidad de los profesores, así como el respectivo código de las asignaturas que dictarán se debe consignar en una plantilla que será insumo de DarwinEd (Foris, s.f.).

4.2.7 DarweinEd: Asignar horarios y asignaturas a cada profesor

Rol responsable: Externo

La asignación de horarios y asignaturas a cada profesor la realiza el software DarwinEd (Foris, s.f.) para lo cual es necesario enviar las plantillas diligenciadas y los resultados de las proyecciones del número de grupos de cada asignatura con el cupo ideal para cada una.

4.2.8 Revisar Horarios

Rol responsable: Director y los dos colaboradores

Una vez se realiza la corrida de los horarios en el software DarwinEd (Foris, s.f.), el paso a seguir es recorrer uno a uno los profesores y verificar que la asignación de la carga académica sea la deseada por el Departamento y que la cantidad de grupos programados de cada asignatura sea la adecuada.

Al terminar la revisión, de estar todo correcto, se finaliza el proceso de elaboración de horarios, de no ser así se hacen las adecuaciones requeridas y se vuelve a enviar al software para una nueva corrida. El ciclo termina cuando se logran los horarios adecuados para el Departamento.

4.3 Análisis Gráfico como soporte de la problemática planteada en el manejo de horarios del Departamento de Matemáticas.

Con el fin de analizar las cifras que ha venido manejando el Departamento de Matemáticas de la Escuela y de soportar la problemática que se planteará más adelante en éste documento, se realizaron, como parte de esta tesis, estudios, comparaciones y proyecciones de los datos suministrados por la oficina de Registro, que tuviesen algún impacto en la elaboración de horarios semestral del Departamento. A continuación, se describen los análisis realizados.

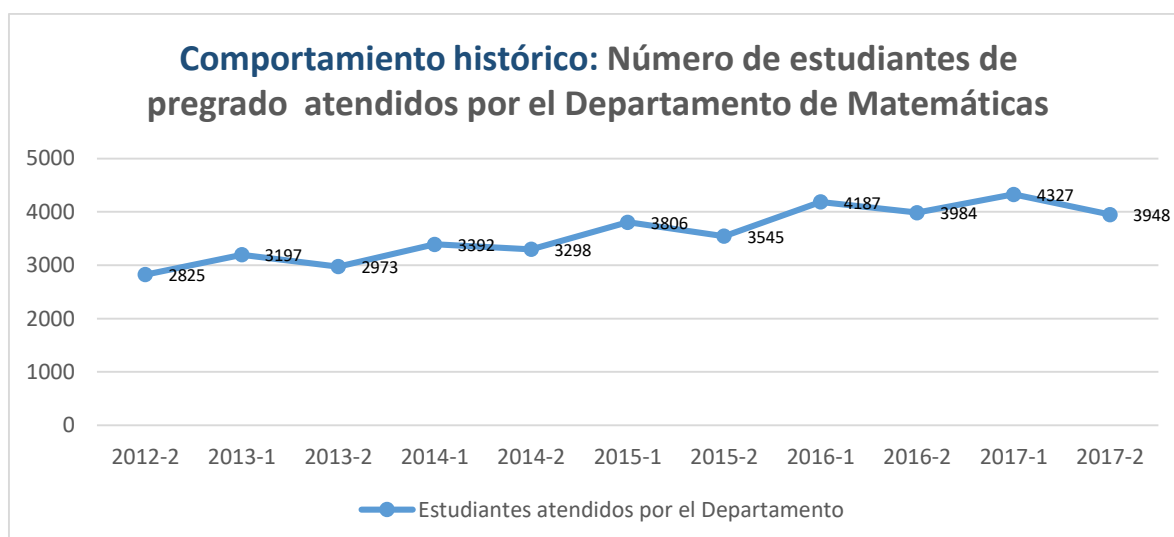


Gráfico 6. Comportamiento histórico: Número de estudiantes de pregrado atendidos por el Departamento de Matemáticas

El Gráfico 6 muestra el comportamiento histórico de la cantidad de estudiantes de pregrado de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito que atiende el Departamento de Matemáticas desde el semestre 2012-2 hasta el 2017-2. A partir del gráfico se observa que el crecimiento durante los cinco años es del 40%, cifra de crecimiento alta para un período de tiempo relativamente corto.

El Gráfico 7 muestra el comportamiento histórico de la cantidad de estudiantes de pregrado de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito comparado con el número de estudiantes que atiende el Departamento de Matemáticas desde el semestre 2012-2 hasta el 2017-2. A partir del gráfico se observa lo siguiente:



Gráfico 7. Comportamiento histórico: Número de estudiantes de pregrado

- a. Un comportamiento de crecimiento tanto en el total de estudiantes de pregrado de la Escuela como en el número de ellos que atiende el Departamento.
- a. Porcentualmente el crecimiento durante los cinco años es del 41% para la Escuela y del 40% para el Departamento.
- b. Semestralmente el Departamento atiende entre el 71% y el 75% de todos los estudiantes de pregrado de la Escuela.
- c. Se puede asumir que el crecimiento se comporta de manera lineal, lo cual sirve para proyectar a futuro la cantidad de estudiantes que el Departamento atenderá.

Con el fin de proyectar el número de estudiantes que atenderá el Departamento de Matemáticas dentro de los próximos cinco años, se realizó la proyección lineal con los datos que se tienen, de donde resulta el Gráfico 8, en el cual se muestra la proyección del total de estudiantes de la Escuela, del total de estudiantes atendido por el Departamento y la línea de proyección que se utilizó. Se observan los siguientes aspectos:

- De mantenerse el comportamiento de los últimos cinco años, en el 2022-1, la población de estudiantes atendidos duplicaría la de 10 años atrás en el 2012-1
- A pesar de la ligera diferencia entre las pendientes de la proyección lineal del total de estudiantes de la Escuela y la proyección lineal de los estudiantes atendidos por el Departamento, el porcentaje de éstos últimos, con respecto al total de la Escuela continúa siendo un porcentaje alto, 73%.

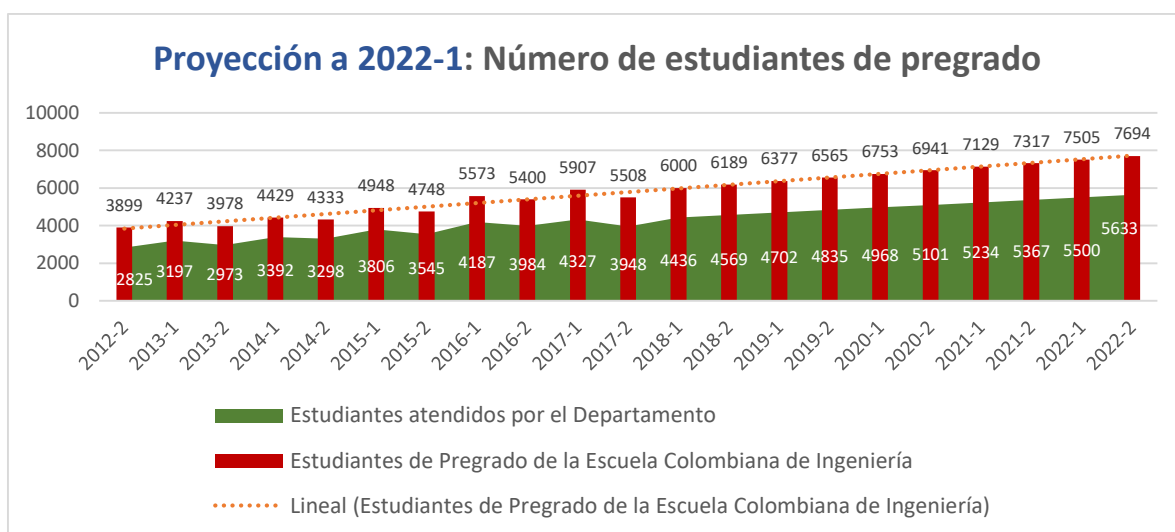


Gráfico 8. Proyección a 2022-1: Número de estudiantes de pregrado

Un aspecto de importancia que se revisó, con los datos recogidos del Departamento de Matemáticas y del Sistema de Registro, es el de la cantidad de profesores que atienden las diferentes asignaturas que ofrece el Departamento.

Al realizar la elaboración de horarios del Departamento, es necesario tener en cuenta que compartimos profesores con otros departamentos o decanaturas. Para que las dos unidades académicas no crucen al profesor consigo mismo, es necesario coordinar en qué horario se le asignan los cursos de las diferentes

unidades. El departamento de Matemáticas comparte una cantidad considerable de profesores con el Programa de Matemáticas, razón por la cual, desde hace varios semestres, el Departamento realiza los horarios del Programa de acuerdo con los lineamientos y requerimientos del Programa. Bajo esta premisa, en los gráficos referentes a los profesores, se han contabilizado, para efectos de este estudio, los profesores del Departamento, del Programa y los profesores compartidos.

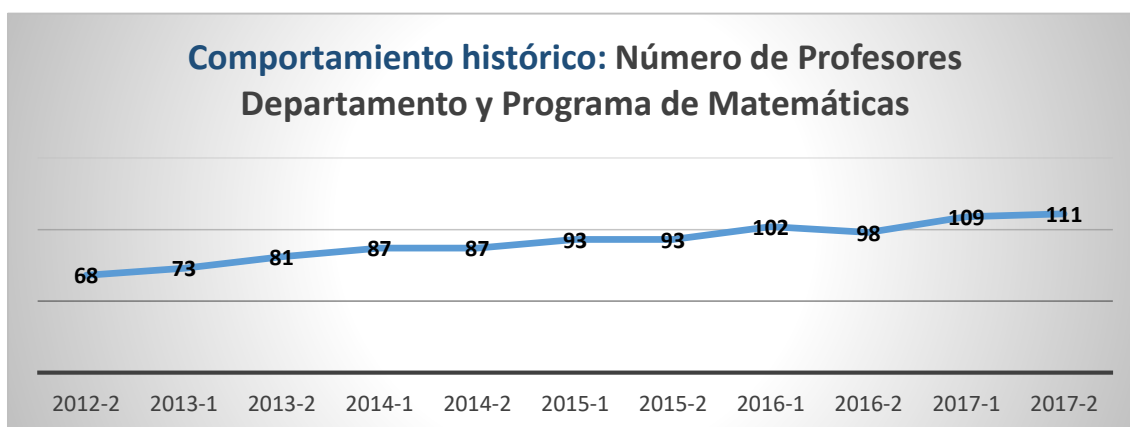


Gráfico 9. Comportamiento histórico: Número de Profesores Departamento y Programa de Matemáticas

En el Gráfico 9, se ilustra el crecimiento de la cantidad de profesores que ha requerido el Departamento entre los semestres 2012-2 y el 2017-2.

- a. Nuevamente se visualiza un crecimiento de comportamiento lineal.
- b. El crecimiento porcentual, de los cinco años, en cantidad de profesores que dictan al menos un grupo de alguna de las asignaturas a cargo del Departamento o del Programa de Matemáticas es del 63%.

Con el fin de tener mayor información, se realiza una comparación con el total de profesores de pregrado de la Escuela, la cual se muestra a continuación en el Gráfico 10.

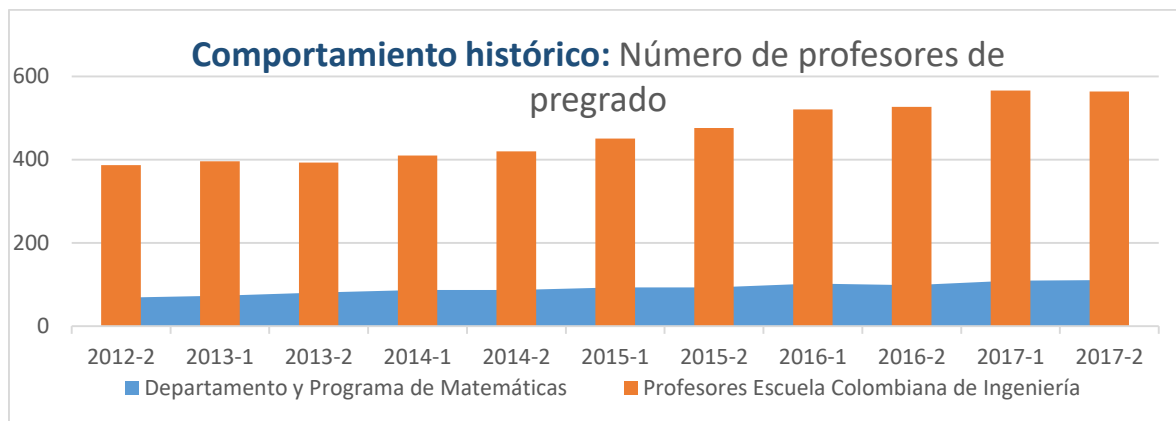


Gráfico 10. Comportamiento Histórico del Número de Profesores de Pregrado

4.4 Aspectos que Impactan el Problema a Analizar y Conclusiones del Capítulo.

A continuación se resumen los aspectos con más impacto en el problema objeto de este estudio:

- a. En lo referente al tema propuesto en este trabajo de grado, el impacto de la disponibilidad horaria de los profesores de cátedra es considerable debido a que es restringida y a su alto porcentaje dentro de los profesores.
- b. Las franjas horarias, es decir la hora de inicio de las clases dentro de la semana académica.
- c. La cantidad de estudiantes que cursará cada asignatura se calcula mediante la proyección de cursos, para la cual son insumo importante, la cantidad de estudiantes nuevos que ingresa a la Escuela y su clasificación del ICFES. Así mismo, para la proyección es necesario tener en cuenta los prerrequisitos de cada asignatura.
- d. La cantidad de grupos de cada asignatura, ya que deben ofrecerse en diversos horarios para que los estudiantes puedan elegir el que mejor se acomode a su horario.

Ahora bien, el análisis de la incidencia entre la franja horaria en la que se dicta una asignatura y el índice de aprobación podría arrojar resultados que permitan sugerir cuáles, en la medida de lo posible son las horas en la que se deberían

programar los cursos para aumentar el índice de aprobación y por qué no, impactar en disminuir la deserción estudiantil.

A partir de los datos del Gráfico 8 y del análisis realizado, se evidencia que cualquier medida que se tome para afectar el índice de aprobación de las asignaturas, tendría un impacto fuerte en la Escuela, ya que el porcentaje de estudiantes cursando alguna asignatura del Departamento es alto.

En conclusión, una vez revisado el contexto, cualquier esfuerzo que se realice para analizar sí la franja horaria en la que se dictan los cursos del Departamento de Matemáticas afecta el índice de aprobación de las asignaturas podría llevar a recomendar algunos tipos de cambios que favorezcan la aprobación de las mismas, impactando en una población considerable de la Escuela.

5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

Dado que el enfoque de este trabajo se basa en un estudio estadístico exploratorio, la columna vertebral de ésta investigación se encuentra en éste capítulo. Esto se debe a que justamente se están indagando las posibles relaciones que existan entre las variables elegidas a estudiar. Dependiendo de los resultados que se vayan encontrando la investigación puede tomar por caminos diferentes.

El objetivo de este análisis es identificar la cantidad de estudiantes que aprueban las asignaturas de matemáticas en cada una de las horas de clase programadas a lo largo del día. Con los datos obtenidos, se revisará si existen diferencias porcentuales de tal forma que se pueda interpretar que algunos horarios favorecen el rendimiento de los estudiantes.

Una vez el objetivo fue definido se ejecutaron el conjunto de tareas explicadas a continuación:

1. Identificación del estado de los datos: La base de datos contaba inicialmente con 253.862 registros y en cada uno de los cuales existe la siguiente información:
 - a. Período académico: desde el 2013-1 hasta el 2018-1 incluidos los períodos correspondientes a los segundos semestres del año y periodos intersemestrales.
 - b. id_est: corresponde al número de carné del estudiante
 - c. nom_dpto: corresponde al programa académico al que pertenece el estudiante
 - d. cod_asig: corresponde a la sigla de la asignatura que estaba cursando el estudiante. Las cuales se relacionan a continuación: AGEO, ALLI, CALD, CALI, CALV, CIED, ECDI, ESTI, PRBA, PREM
 - e. num_grup: es el número del grupo en el que se encontraba inscrito el estudiante

- f. nota: es la asignación cuantitativa del desempeño del estudiante en la asignatura.
 - g. clave: corresponde al estado del estudiante al finalizar el semestre (o cierre del período). Las claves más importantes para este estudio son: Z que es significa que el estudiante se encontraba activo, C que el estudiante canceló y R que el estudiante retiró el semestre completo.
 - h. nom_prof: Nombre del profesor a cargo del curso.
 - i. día: valor numérico del 1 al 6, siendo uno el lunes y seis el sábado.
 - j. hora_ini: hora de inicio de la clase, en formato de hora militar. Cada clase tiene una duración de una hora y media. Las clases inician a las 7am (700), la siguiente 8:30am (830), y así durante todo el día hasta la última que es a las 5:30pm (1730)
 - k. cod_sal: el salón en el que se dicta la clase.
 - l. Sexo: género del estudiante
 - m. fec_nac: del estudiante
2. Depuración de la información y preparación de base de datos: Sobre la base de datos que entregó registro se realizaron las siguientes acciones con el fin de depurar la información:
- a. Quitar los registros de los períodos intermedios debido a que los horarios de clase son diferentes que en los períodos semestrales y el índice de aprobación de las asignaturas es más alto que en los períodos semestrales.
 - b. Suprimir los estudiantes cuyo estado al cierre del semestre es C (cancelado), ya que se desea realizar el estudio sobre la población que completó el semestre.
 - c. Suprimir los estudiantes retirados con nota cero

- d. Crear otra columna con código binario: pasa la asignatura 1, pierde la asignatura 0
3. Anonimización de los actores: con el fin de proteger la identidad de los estudiantes y de los profesores siendo consecuentes con el habeas data⁴.

El Gráfico 11 muestra el proceso de la depuración y alistamiento de la base de datos de forma sintetizada.



Gráfico 11. Depuración y Alistamiento de la Base de Datos

4. Para explorar una posible relación entre las variables franja horaria y aprobación de las asignaturas, se realiza en primer lugar una prueba de independencia chi-cuadrado (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012) para verificar una posible dependencia de las variables.
5. Para el trabajo con la base de datos, inicialmente se exploró la posibilidad de realizar los cálculos y diagramas en Excel, sin embargo, los cálculos y manejo de la base de datos (por su tamaño) no fueron lo suficientemente versátiles, razón por la cual, se decidió trabajar en el software R (R Core Team, 2018), que inicialmente se creó para el manejo estadístico, el cual

⁴ Habeas Data: derecho que tienen todas las personas a conocer, actualizar y rectificar las informaciones que se hayan recogido sobre ellas en bancos de datos y en archivos de entidades públicas y privadas (Velasco Chaves, 2011).

soporta bases de datos de mayor tamaño. Adicionalmente se decidió utilizar R-Studio (J. J. Allaire. Software Engineer & Founder, s.f.), la cual es una consola creada especialmente para servir de mediador entre el usuario final y el software R.

6. Una vez se terminó el alistamiento de los datos, se procede a preparar el trabajo en R lo cual implicó los siguientes pasos:
 - a. Descargar de la nube R (R Core Team, 2018) y R-Studio (J. J. Allaire. Software Engineer & Founder, s.f.), consola que permite trabajar en R de forma más amigable.
 - b. Instalar tanto R como R-Studio. Los dos programas son libres y se descarga de la página de cada uno el archivo ejecutable, después de esto se procede a la instalación del software.
 - c. Descargar e instalar el paquete QCC (Scrucca, 2004). QCC es un paquete que corre en R y que sirve para realizar análisis de datos mediante diagramas de Pareto. El diagrama de Pareto es un diagrama de barras que permite ordenar la información de mayor a menor de izquierda a derecha. Se eligió en este estudio porque permite identificar fácil y rápidamente las horas con mayor y menor cantidad de estudiantes que aprueban, así como ordenar en forma descendente el porcentaje de aprobación.
 - d. El sistema de Registro, entregó la información del Departamento para esta investigación en formato de texto (txt), el cual fue importado a un libro de Excel para los análisis iniciales. En Excel se realizó la depuración y el alistamiento de la base de datos. Luego de esto, se llevó a cabo la exportación de la misma al software R para los cálculos y análisis gráfico.
 - e. Como el diagrama de Pareto básicamente cuenta frecuencias de eventos de acuerdo con la variable de entrada, fue necesario identificar cual es la variable de entrada que nos permitiría la búsqueda de la información objetivo. Se llegó a la conclusión que la variable de entrada

idónea para el estudio es: las horas de inicio de clase a lo largo del día y durante toda la semana. Esta variable sirve de variable independiente y se pretende buscar si el índice de aprobación depende de la variable de entrada.

- f. Con el fin de correr el paquete QCC para generar los diagramas de Pareto, es necesario generar un vector con la variable de entrada el cual se muestra en la Tabla 8 que arrojó R. Está compuesta por el comando “table” en donde se indica que se está leyendo la información de la base de datos MATE_depurada y que la entrada es hora_ini. El vector muestra que se encontraron las horas desde las 700 hasta las 1730 (en formato militar), y la frecuencia indica el número de registros que se encontró de cada hora, por ejemplo, para el caso de las 1130 se encontraron 17178 registros.

`table(MATE_Depurada$hora_ini)`

Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730
Frecuencia	23,176	31,802	26,378	17,178	19,934	23,006	21,474	9,843

Tabla 8 Datos para la variable de entrada

7. Entre las restricciones identificadas en el análisis, se pueden mencionar que es necesario que existan registros suficientes en los diferentes horarios de clase, ya que de no ser así los datos podrían no tener una distribución normal y por lo tanto sesgar los resultados. Existen variables que pueden afectar los resultados, como, por ejemplo, los registros de estudiantes que han cancelado la asignatura o retirado el semestre, así mismo la exigencia de los diferentes profesores que puede generar volatilidad en el índice de aprobación. Se tomaron las medidas pertinentes para minimizar los efectos de otras variables en el estudio.
8. Alcance del análisis: El estudio analizó el comportamiento del índice de aprobación frente al horario de inicio de clases en los siguientes casos:
- Comportamiento global con los registros de todas las asignaturas seleccionadas (once semestres de registros).
 - Comportamiento de cada asignatura incluyendo todos los registros de los once semestres.

- c. Comportamiento de cada asignatura excluyendo los registros de los profesores con más altos y más bajos porcentajes de aprobación en sus cursos (once semestres de registros).
9. Límites del análisis. Con estudios similares al desarrollado en este trabajo se podrían realizar estudios sobre si existe o no relación entre la hora de la clase y la cantidad de cancelaciones, o si el día de la clase afecta el rendimiento de los estudiantes. Este tipo de variaciones no se consideraron ya que están fuera del alcance del presente trabajo.

5.1 Estudio del Comportamiento Global

Para el siguiente análisis se tomaron todos los registros de la base de datos depurada, desde el 2013-1 hasta el 2018-1, que incluyen las asignaturas Análisis Geométrico (AGEO), Álgebra Lineal (ALLI), Cálculo Diferencial (CALD), Cálculo Integral (CALI), Cálculo Vectorial (CALV), Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales (CIED), Ecuaciones Diferenciales (ECDI), Estadística (ESTI), Probabilidad (PRBA) y Precálculo (PREM). Se excluyeron las asignaturas electivas ya que se programa solo un curso semestral, por lo cual no es pertinente el análisis horario. Así mismo, se excluye Análisis Numérico (ANUM), también electiva, de la cual se programan tan solo cuatro o cinco grupos semestrales, por lo cual la distribución de los datos no se comporta de manera normal. Los registros de los períodos intersemestrales fueron excluidos en la depuración inicial debido a que cambian los horarios de las clases y los porcentajes de aprobación de las asignaturas son considerablemente mayores que en los períodos semestrales.

5.1.1 Prueba de Independencia Chi-Cuadrado

Para la aplicación de la prueba de independencia chi-cuadrado se plantearon las siguientes hipótesis nula H_0 y alternativa H_1 :

H_0 : La variable aprobación de asignatura es independiente de la variable franja horaria

H_1 : La variable aprobación de asignatura no es independiente de la variable franja horaria

La aprobación o rechazo de H_0 será un punto de partida para continuar con el análisis exploratorio de los datos. Si se diera un rechazo de H_0 se tendría evidencia suficiente en los datos de la relación entre las variables.

En la Tabla 9 se muestran las frecuencias observadas y en la Tabla 10 las frecuencias esperadas calculadas de acuerdo con la prueba chi-cuadrado.

Franja horaria	Aprobación Asignatura		Total
	NO	SI	
700	6,866	16,310	23,176
830	8,701	23,101	31,802
1000	7,485	18,893	26,378
1130	4,824	12,354	17,178
1300	5,029	14,905	19,934
1430	6,103	16,903	23,006
1600	5,474	16,000	21,474
1730	2,681	7,162	9,843
Total	47,163	125,628	172,791

Tabla 9. Frecuencias observadas de aprobación de asignaturas por franja horaria

Franja horaria	Aprobación Asignatura		Total
	NO	SI	
700	6,326	16,850	23,176
830	8,680	23,122	31,802
1000	7,200	19,178	26,378
1130	4,689	12,489	17,178
1300	5,441	14,493	19,934
1430	6,279	16,727	23,006
1600	5,861	15,613	21,474
1730	2,687	7,156	9,843
Total	47,163	125,628	172,791

Tabla 10. Frecuencias esperadas de aprobación de asignatura por franja horaria

A continuación, en la Tabla 11, se observan los cálculos del estadístico de prueba, los cuales servirán para realizar la comparación con el estadístico teórico al aplicar la prueba con 7 grados de libertad y el 95% de confianza.

Para no rechazar H_0 el valor teórico del estadístico de prueba debe ser menor o igual que el valor calculado. Al hacer la lectura en la tabla de la distribución chi-cuadrado con 7 grados de libertad y el 95% de confianza el estadístico de prueba teórico es 2.167, y, como se observa en la Tabla 11 el estadístico calculado es

igual a 169.34, razón por la cual se rechaza H_0 evidenciado que las variables no presentan independencia.

Debido a esto, en las secciones posteriores se realizará un análisis estadístico exploratorio por medio de diagramas de Pareto⁵ (Bernal, 2010) y gráficos de barras que permitirán ahondar un poco más sobre esta posible relación.

Franja horaria	Estadístico de prueba χ^2		Total
	NO	SI	
700	46.12	17.32	63.44
830	0.05	0.02	0.07
1000	11.30	4.24	15.54
1130	3.90	1.47	5.37
1300	31.19	11.71	42.90
1430	4.96	1.86	6.82
1600	25.59	9.61	35.20
1730	0.01	0.00	0.02
Total	123.12	46.22	169.34

Tabla 11. Cálculo del estadístico de prueba

5.1.2 Comportamiento Global: Frecuencia de Utilización de Horarios

Para obtener el primer diagrama de Pareto, se simula en el software el escenario cuyos resultados se ilustran en el Gráfico 12 y cuyos datos aparecen en la Tabla 12. De izquierda a derecha, las columnas de datos de la tabla son:

- Hora (de inicio de la clase). Dado que las horas están en formato militar, por ejemplo, las 830 horas corresponden a las 8:30am, las 1300 horas corresponden a la 1:00pm y así sucesivamente.
- Frecuency (ordenada de mayor a menor): cantidad de registros encontrados por cada hora de clase.
- Cum.Frec: Acumulación de la columna de frecuencia.
- Percentage: Porcentaje que representa la frecuencia del total de registros.
- Cum.Percent: Acumulación de la columna de percentage.

⁵ Según (Bernal, 2010) el análisis de Pareto es una "Técnica para estudiar fuentes de problemas y las prioridades relativas de sus causas. Se emplea frecuentemente para evaluar causas de problemas de calidad en programas de total quality management (TQM)."

Pareto chart analysis for table(MATE_Depurada\$hora_ini)				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
830	31,802	31,802	18.4	18.4
1000	26,378	58,180	15.3	33.7
700	23,176	81,356	13.4	47.1
1430	23,006	104,362	13.3	60.4
1600	21,474	125,836	12.4	72.8
1300	19,934	145,770	11.5	84.4
1130	17,178	162,948	9.9	94.3
1730	9,843	172,791	5.7	100.0

Tabla 12 Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

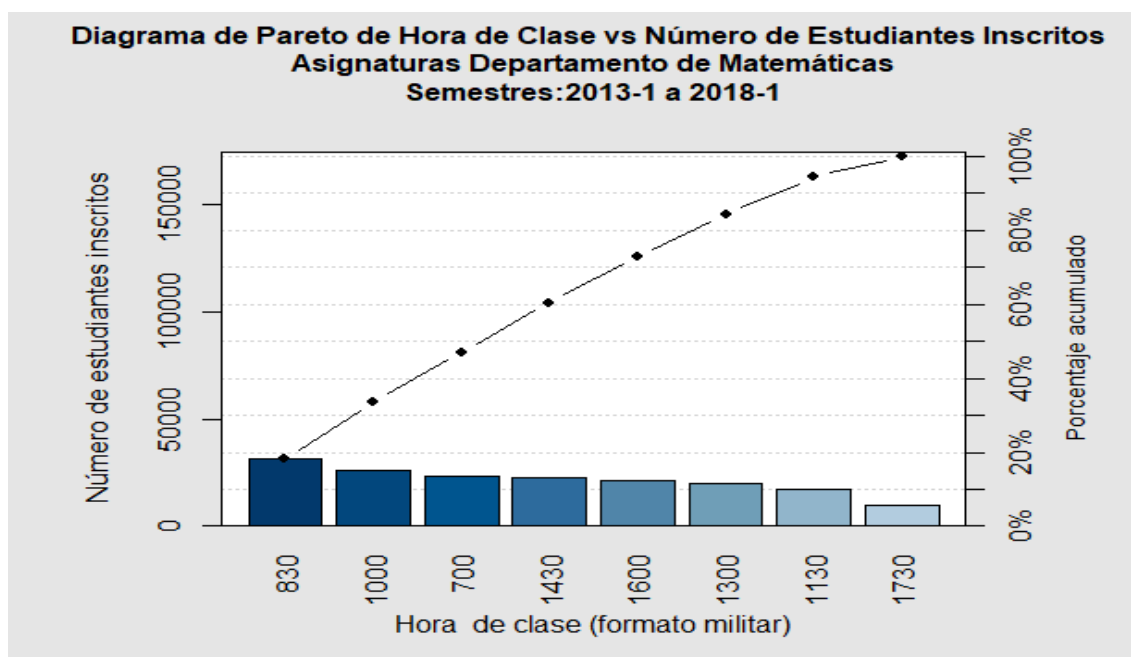


Gráfico 12 Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Asignaturas del Departamento de Matemáticas. Semestres 2013-1 a 2018-1

El Gráfico 12, ilustra el diagrama de Pareto, en el cual se puede observar que la mayor cantidad de clases se dictan a las 830, 1000 y 700 horas alcanzando un 47.1%, tomando el siguiente valor en orden entrará las 1430 horas acumulando el 60.4% y que las hora en la que menos clases se dictan es a las 1730 horas. Lo cual significa que históricamente el Departamento ha programado la mayor cantidad de sus clases en horas de la mañana y que la menor programación se realiza a las 1730 horas.

5.1.3 Comportamiento Global: Cantidad de Estudiantes que Aprueban por Horario de Clase

La simulación que se realiza representa la hora de clase versus el número de estudiantes que aprueban las asignaturas del Departamento de Matemáticas en los períodos semestrales comprendidos entre 2013-1 y 2018-1.

Preparación de la base de datos: inicialmente en la base de datos depurada, se creó una nueva columna en la que se asigna un código binario a la nota del estudiante, si el estudiante aprueba el código es 1 y si el estudiante no aprueba es cero. Con la información anterior se crea un nuevo vector al que se denominó “cantpasan” presentado en la Tabla 13 y se le asignó, mediante la función suma de la columna binaria, la cantidad de estudiantes que pasaron la asignatura por cada hora de clase.

Cantpasan

Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730
# Estudiantes que aprueban	16,310	23,101	18,893	12,354	14,905	16,903	16,000	7,162

Tabla 13 Cantidad de estudiantes que aprueban las 10 asignaturas de acuerdo con la hora de la clase

Al correr el código en el software R, se obtiene la Tabla 14 con los datos que arrojó el proceso y el Diagrama de Pareto que se ilustra en el Gráfico 13, el cual nos muestra que en número de estudiantes aprueban de mayor a menor son los que ven clase a las 830, 1000 y 1430 horas acumulando un porcentaje del 46,9. La siguiente hora en la lista es la de las 700, acumulando un 59.9%. Continúan siendo las 1130 y las 1730 las horas de menor número de estudiantes que aprueban. Se nota, con respecto al primer diagrama de Pareto analizado, un intercambio de posiciones entre las cantidades de las 7:00 y las 14:30.

El delta entre las 830 y las 1730 horas en la cantidad de estudiantes que aprueban puede ser debido a que se inscriben menos número a las 1730 o a que son los últimos cupos que quedan; pueden existir diversas razones, por tal razón se realizará el análisis utilizando el porcentaje de aprobación en lugar de la cantidad de estudiantes que aprueban, así se garantiza la estandarización de los datos.

Pareto chart analysis for cantpasan				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
830	23,101	23,101	18.4	18.4
1000	18,893	41,994	15.0	33.4
1430	16,903	58,897	13.5	46.9
700	16,310	75,207	13.0	59.9
1600	16,000	91,207	12.7	72.6
1300	14,905	106,112	11.9	84.5
1130	12,354	118,466	9.8	94.3
1730	7,162	125,628	5.7	100.0

Tabla 14 Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes que aprueban

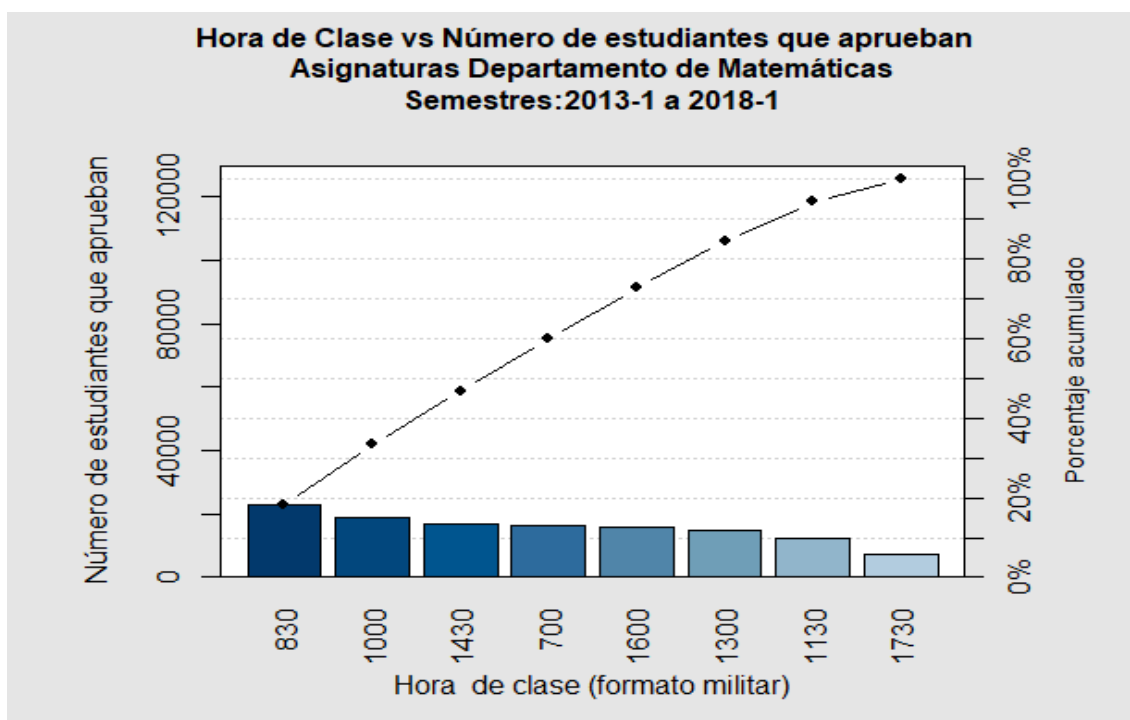


Gráfico 13 Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban. Asignaturas del Departamento de Matemáticas. Semestres 2013-1 a 2018-1

5.1.4 Comportamiento Global: Porcentaje de Estudiantes que Aprueban por Horario de Clase

La información de la cantidad de estudiantes que aprueban no es diciente respecto al horario de la clase debido a que no se inscriben la misma cantidad de estudiantes a lo largo de los diferentes horarios de clase. Razón por la cual en el siguiente análisis se utilizan porcentajes de aprobación y así se estandarizan los datos. Se incluyen todas las asignaturas durante los semestres 2013-1 a 2018-1 para revisar el comportamiento global.

Preparación de los datos: se crea un nuevo vector en el que se asignan como elementos los porcentajes de aprobación por hora de clase, es decir la cantidad de estudiantes que aprobaron en la hora de clase dividido entre el número de estudiantes cursando la asignatura en la misma hora de clase (Ver Tabla 15).

Porcpasan

Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730
% aprobación	70.4	72.6	71.6	71.9	74.8	73.5	74.5	72.8

Tabla 15 Vector que arroja R al calcular los porcentajes de aprobación de las 10 asignaturas de acuerdo con la hora de la clase

Con los datos calculados para el porcentaje de aprobación de las asignaturas según la hora de la clase, se corre el diagrama de Pareto y se obtienen la Tabla 16 y diagrama que se ilustra en el Gráfico 14 como resultado:

Pareto chart analysis for porcpasan				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1300	74.8	74.8	12.8	12.8
1600	74.5	149.3	12.8	25.6
1430	73.5	222.8	12.6	38.3
1730	72.8	295.5	12.5	50.8
830	72.6	368.2	12.5	63.2
1130	71.9	440.1	12.4	75.6
1000	71.6	511.7	12.3	87.9
700	70.4	582.1	12.1	100.0

Tabla 16 Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

Los resultados que arroja el diagrama de Pareto, muestran que evidentemente hay una rotación entre los horarios de clase estudiados en la sección anterior. En el nuevo estudio encabeza la lista las 1300, luego las 1600, de terceras las 1430 y de cuartas las 1730 acumulando entre las 4 horas el 50.8%, la franja de las 7:00 es la que está en la última posición, es decir la de menor índice de aprobación.

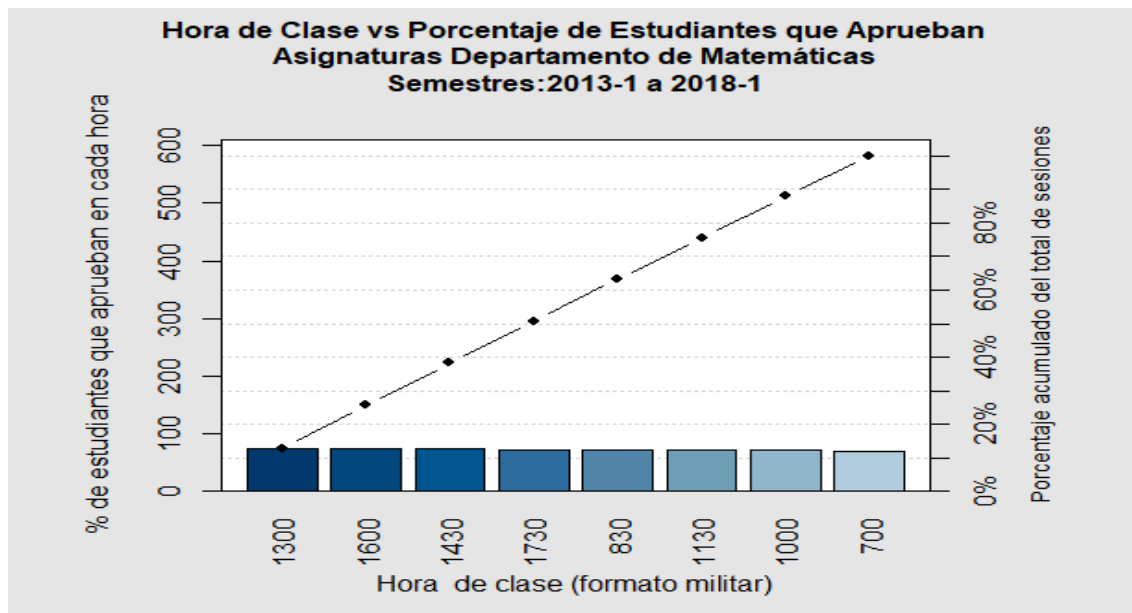


Gráfico 14 Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Asignaturas del Departamento de Matemáticas. Semestres 2013-1 a 2018-1

Dado que la variación de los porcentajes es baja, la tendencia del acumulado tiene apariencia lineal (una línea recta). Por lo anterior y con el fin de visualizar apropiadamente la diferencia entre los porcentajes de cada hora, se considera

pertinente mostrar los datos en un diagrama de barras (sin acumulación) igualmente descendente.

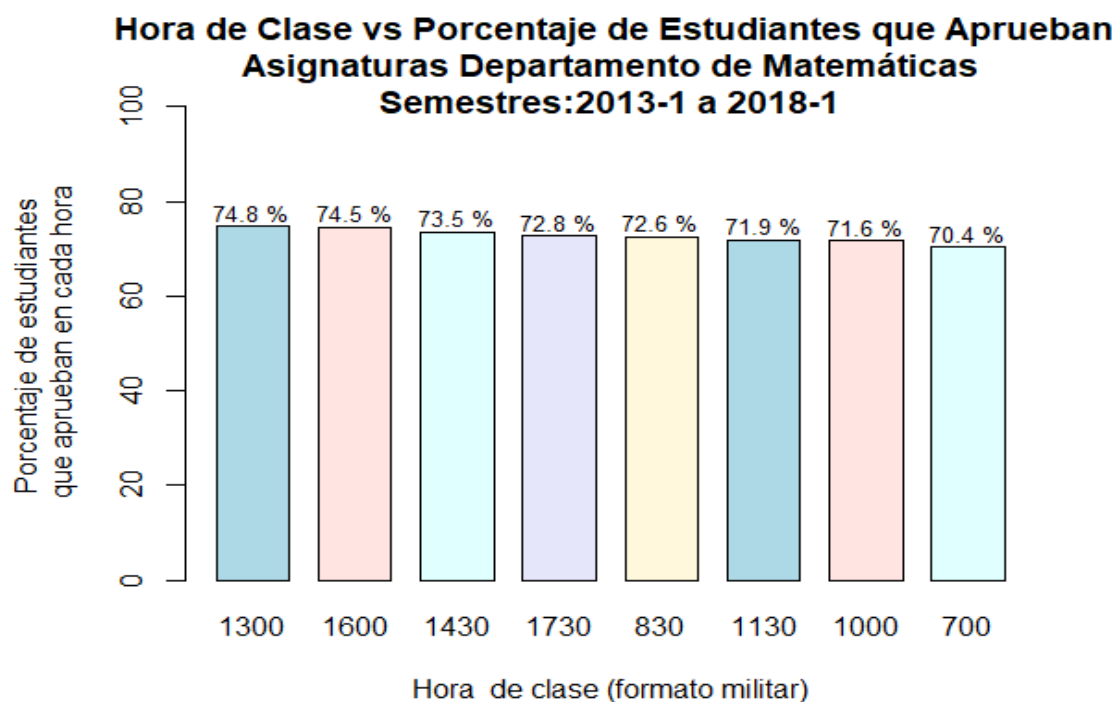


Gráfico 15 Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban.(ordenado en forma descendente) Asignaturas del Departamento de Matemáticas. Semestres 2013-1 a 2018-1

Al observar el Gráfico 15, se evidencia que a pesar de que los porcentajes de aprobación son muy similares en las franjas horarias, el mayor es del 74.8% y el menor del 70,4%, lo cual nos daría a suponer que no existiera una relación entre la hora en la que se dicta la clase y el porcentaje de aprobación de las asignaturas, es necesario revisar con más detalle el tema, ya que se están mezclando varias asignaturas, las cuales independientemente tienen índice de aprobación con amplias diferencias y también puede influenciar la cantidad de grupos de cada asignatura o el profesor con el que se curse la asignatura.

Por lo anterior a continuación se hará el análisis para una asignatura específica, es este caso se ha elegido Cálculo Diferencial (CALD), y luego se realizará el mismo análisis para cada asignatura objeto de este estudio.

5.2 Estudio del Comportamiento del Índice de Aprobación Asignatura por Asignatura.

5.2.1 Cálculo Diferencial: Comportamiento del índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.

Se extraen de la base de datos general los registros de la asignatura Cálculo Diferencial para los 11 semestres comprendidos entre el 2013-1 y el 2018-1.

Después de correr el código en R, para la extracción de datos de Cálculo Diferencial la de la base de datos general, se obtiene la nueva base de datos CALD_depurada que cuenta con 26.764 de los 172.791 registros que tiene MATE_Depurada. El código utilizado se encuentra en el ANEXO 2 de este documento.

A continuación, se crea la tabla con la variable de entrada (Ver Tabla 17) y con los el arreglo vectorial obtenido se realizan las siguientes simulaciones:

`table(CALD_depurada$hora_ini)`

Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730
Frecuencia	4,070	4,801	4,841	3,462	3,217	3,186	2,227	960

Tabla 17 Datos para la Variable de Entrada. Asignatura Cálculo Diferencial

5.2.1.1 Comportamiento de Cálculo Diferencial: Frecuencia de Utilización de Horarios

El primer diagrama de Pareto que se obtiene corresponde al número de estudiantes inscritos de acuerdo con la hora de la clase de la asignatura Cálculo Diferencial en el período comprendido entre 2013-1 y 2018-1. Los datos obtenidos se pueden observar en la Tabla 18 y el Gráfico 16.

Pareto chart analysis for table(CALD_depurada\$hora_ini)				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1000	4,841	4,841	18.1	18.1
830	4,801	9,642	17.9	36.0
700	4,070	13,712	15.2	51.2
1130	3,462	17,174	12.9	64.2
1300	3,217	20,391	12.0	76.2
1430	3,186	23,577	11.9	88.1
1600	2,227	25,804	8.3	96.4
1730	960	26,764	3.6	100.0

Tabla 18 Cálculo Diferencial - Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

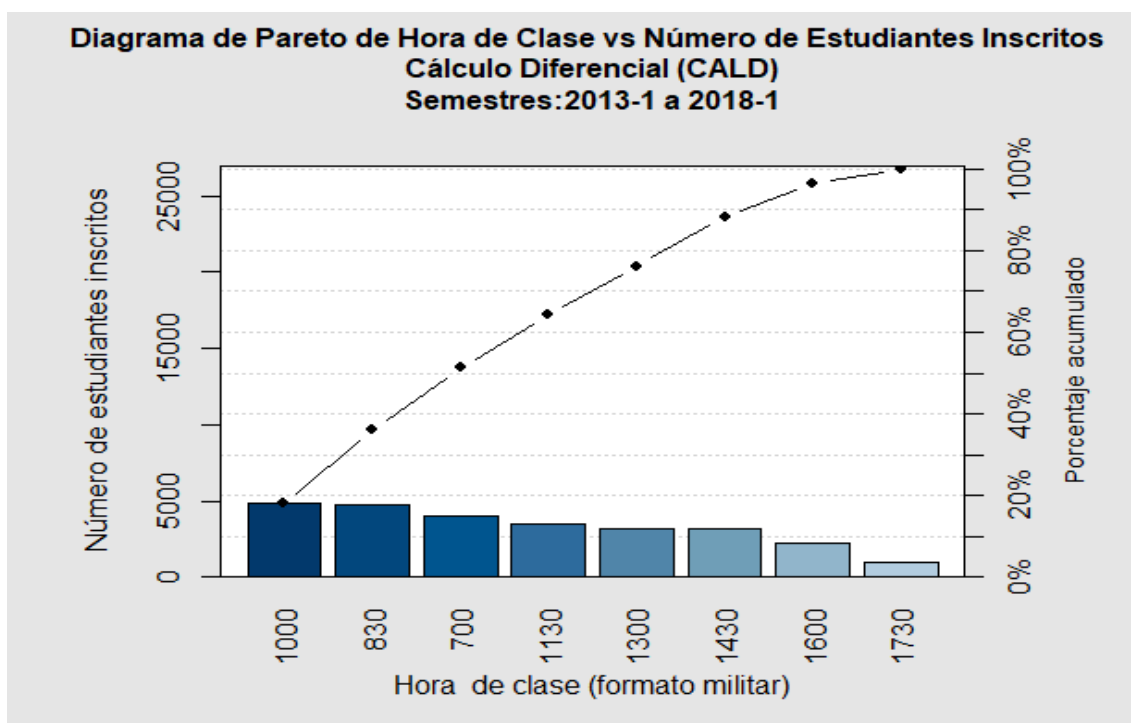


Gráfico 16 Cálculo Diferencial. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1

Básicamente lo que se puede observar el diagrama de Pareto es que el 64,2% de las clases de Cálculo Diferencial se programó en las franjas de la mañana y que al igual que el comportamiento global, la menor cantidad de clases programadas es a las 1730 horas.

5.2.1.2 Comportamiento de Cálculo Diferencial: Cantidad de Estudiantes que Aprueban de Acuerdo con los Horarios

El segundo grupo de datos que se corre en R corresponde a la **Hora de clase versus número de estudiantes que aprueban** la asignatura Cálculo Diferencial en los períodos comprendidos entre 2013-1 y 2018-1.

La base de datos inicial MATE_Depurada, ya contenía en una de sus columnas el código binario que clasifica la nota del estudiante en aprobatoria o no, por lo tanto, ésta información se transfiere a la base de datos CALD_depurada. Con la información anterior se crea un nuevo vector al que se denominó “cantpasancald” y se le asignó, mediante la función suma de la columna binaria, la cantidad de estudiantes que pasaron la asignatura por cada hora de clase (Ver Tabla 19).

Cantpasancald

Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730
# Estudiantes que aprueban	3,071	3,361	3,540	2,598	2,233	2,158	1,535	520

Tabla 19 Cálculo Diferencial. Cantidad de estudiantes que aprueban de acuerdo con la hora de la clase

Al correr el software R con los nuevos datos se obtienen la Tabla 20 y el Gráfico 17 con el diagrama de Pareto. Se observa tanto de la tabla como de la gráfica que el 66,1% de los estudiantes que aprueban Cálculo Diferencial entre los semestres 2013-1 y 2018-1 tomaron sus clases en los horarios de las 1000, 830, 700 y 1130 en ese orden. Se mantiene que la menor cantidad de estudiantes que aprueban tomaron la asignatura a las 1730.

Pareto chart analysis for cantpasancald				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1000	3,540	3,540	18.6	18.6
830	3,361	6,901	17.7	36.3
700	3,071	9,972	16.1	52.4
1130	2,598	12,570	13.7	66.1
1300	2,233	14,803	11.7	77.8
1430	2,158	16,961	11.3	89.2
1600	1,535	18,496	8.1	97.3
1730	520	19,016	2.7	100.0

Tabla 20 Cálculo Diferencial. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes que aprueban

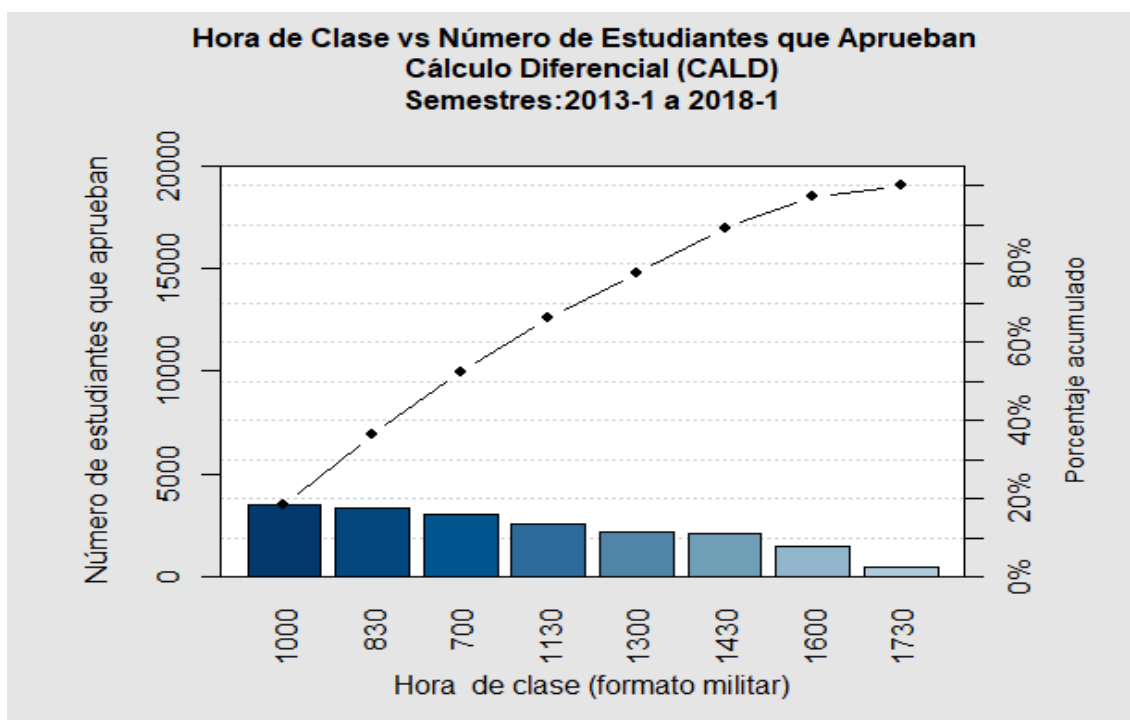


Gráfico 17 Cálculo Diferencial. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

5.2.1.3 Comportamiento de Cálculo Diferencial: Porcentaje de Estudiantes que Aprueban de Acuerdo con los Horarios

Hora de clase versus porcentaje de estudiantes que aprueban Cálculo Diferencial en el período comprendido entre 2013-1 y 2018-1. La preparación de los datos consiste en crear un nuevo vector, el cual se muestra en la Tabla 21, en el que se asignan como elementos los porcentajes de aprobación por hora de clase, es decir la cantidad de estudiantes que aprobaron en la hora de clase dividido entre el número de estudiantes cursando la asignatura en la misma hora de clase.

Porcpasancald

Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730
% aprobación	75.5	70.0	73.1	75.0	69.4	67.7	68.9	54.2

Tabla 21 Cálculo Diferencial. Vector que arroja R al calcular los porcentajes de aprobación de acuerdo con la hora de la clase

La Tabla 22 y el Gráfico 18 con diagrama de Pareto reflejan los resultados obtenidos para la asignatura Cálculo Diferencial. En este punto, analizando los resultados del diagrama de Pareto para los porcentajes de aprobación de Cálculo Diferencial de acuerdo con el horario de la clase, se encuentra que el delta de porcentaje de aprobación es de 21,3% entre el más alto a las 700 horas y el más bajo a las 1730 horas. Adicionalmente, se observa que el 40,4% de los estudiantes que aprueban Cálculo Diferencial tomaron sus clases a las 700, 1130 y 1000 horas en orden descendente.

<i>Pareto chart analysis for porcpasancald</i>				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
700	75.5	75.5	13.6	13.6
1130	75.0	150.5	13.5	27.2
1000	73.1	223.6	13.2	40.4
830	70.0	293.6	12.6	53.0
1300	69.4	363.0	12.5	65.5
1600	68.9	432.0	12.4	78.0
1430	67.7	499.7	12.2	90.2
1730	54.2	553.9	9.8	100.0

Tabla 22 Cálculo Diferencial. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

Por el delta de porcentaje de aprobación tan amplio de la clase de las 1730 con los otros horarios de clase, se puede concluir que no es aconsejable que los estudiantes de Cálculo Diferencial tomen sus clases a las 1730 horas. Con el fin de proporcionar un gráfico que muestre estas diferencias más claramente, a

continuación, en el Gráfico 19, se presenta un diagrama de barras simple con los datos ordenados en forma descendente.

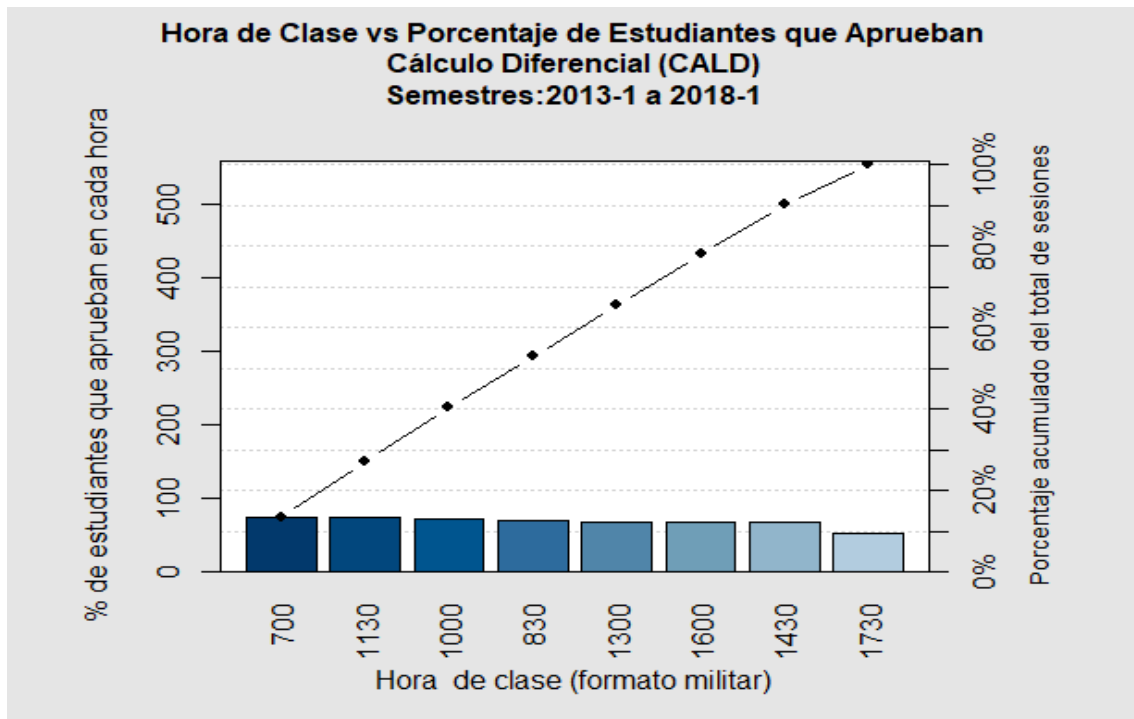


Gráfico 18 Cálculo Diferencial. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

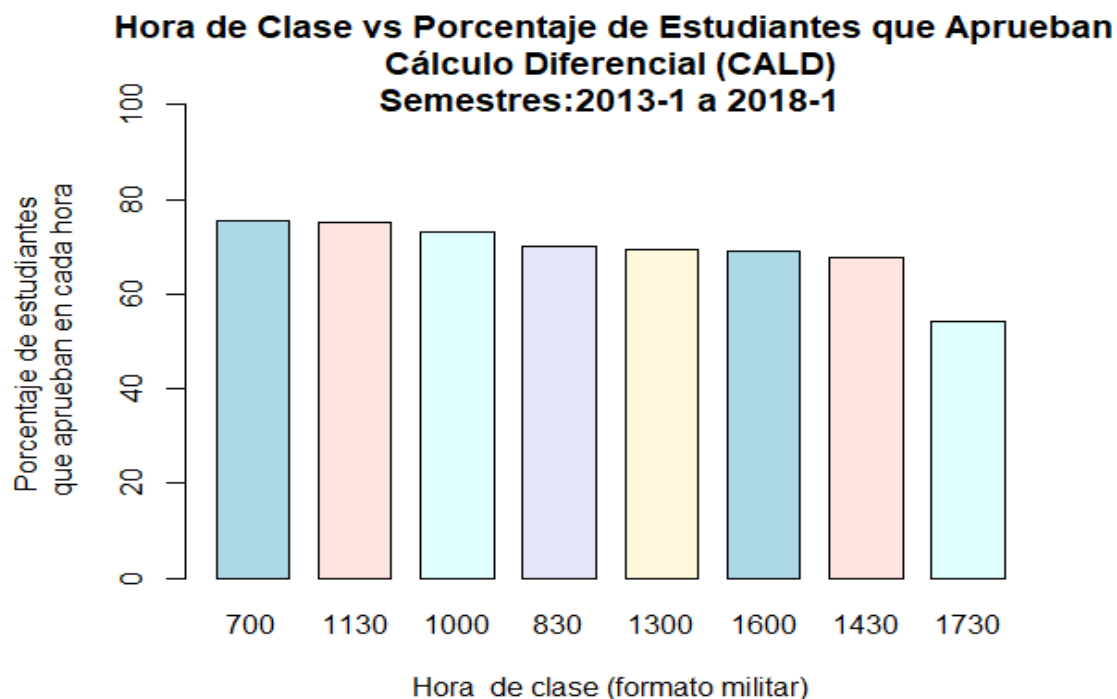


Gráfico 19 Cálculo Diferencial. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1

A continuación, se incluyen las gráficas y tablas más relevantes de todas las asignaturas seleccionadas para este estudio, y, después de esto, en la sección 5.3 se realizará el análisis global y se darán las recomendaciones, de acuerdo a los hallazgos que se encuentren.

Para los análisis de cada una de las asignaturas restantes, se realiza el mismo procedimiento que ha sido explicado para Cálculo Diferencial. Se incluirán las tablas y gráficos correspondientes a la cantidad de estudiantes por hora de clase, y al porcentaje de aprobación de cada asignatura por hora de clase. Sin embargo, dado que la cantidad de estudiantes que aprueban en cada hora de clase no es una cifra estandarizada debido a que la cantidad de estudiantes cursando la asignatura por cada hora de clase es diferente, es decir esta cifra no es homogénea, no se incluyen la tabla y el diagrama de Pareto (Cantidad de Estudiantes que Aprueban de Acuerdo con los Horarios para Cálculo Diferencial) para las asignaturas restantes, por considerar que no aportan al estudio.

5.2.2 Álgebra Lineal: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.

Pareto chart analysis for table(ALLI_depurada\$hora_ini)				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1430	3,436	3,436	17.0	17.0
700	3,297	6,733	16.3	33.3
1600	2,758	9,491	13.7	47.0
1300	2,744	12,235	13.6	60.6
830	2,679	14,914	13.3	73.8
1000	2,039	16,953	10.1	83.9
1130	1,633	18,586	8.1	92.0
1730	1,616	20,202	8.0	100.0

Tabla 23 Álgebra Lineal. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

Para el análisis del comportamiento de la asignatura Álgebra Lineal se obtuvieron la Tabla 23 y el diagrama de Pareto ilustrado en el Gráfico 20, en los cuales se encuentran los datos de la frecuencia de utilización de los diferentes horarios para las clases de la asignatura.

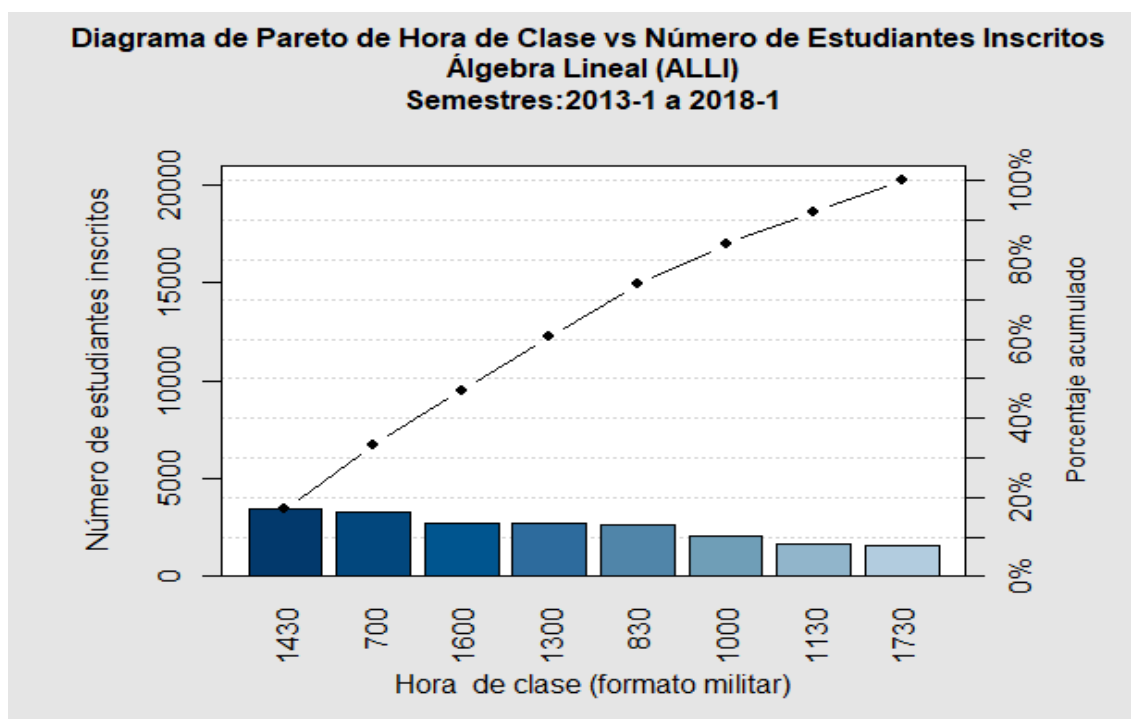


Gráfico 20 Álgebra Lineal. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1

Así mismo, se realiza la simulación para los porcentajes de aprobación de la asignatura Álgebra Lineal de acuerdo con los horarios y los datos obtenidos se muestran en la Tabla 24 y se ilustra el diagrama de Pareto en el Gráfico 21 y el diagrama de barras en el Gráfico 22, concluyendo que a las 830 horas y a las

1430 horas se presentan el mayor y el menor porcentaje de aprobación respectivamente.

Pareto chart analysis for porcpasanalli				
	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
830	78.8	78.8	13.7	13.7
1300	77.7	156.5	13.5	27.2
700	73.0	229.5	12.7	39.9
1600	72.0	301.5	12.5	52.4
1130	69.6	371.1	12.1	64.5
1730	68.8	439.9	12.0	76.5
1000	67.6	507.5	11.8	88.3
1430	67.5	575.0	11.7	100.0

Tabla 24 Álgebra Lineal. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

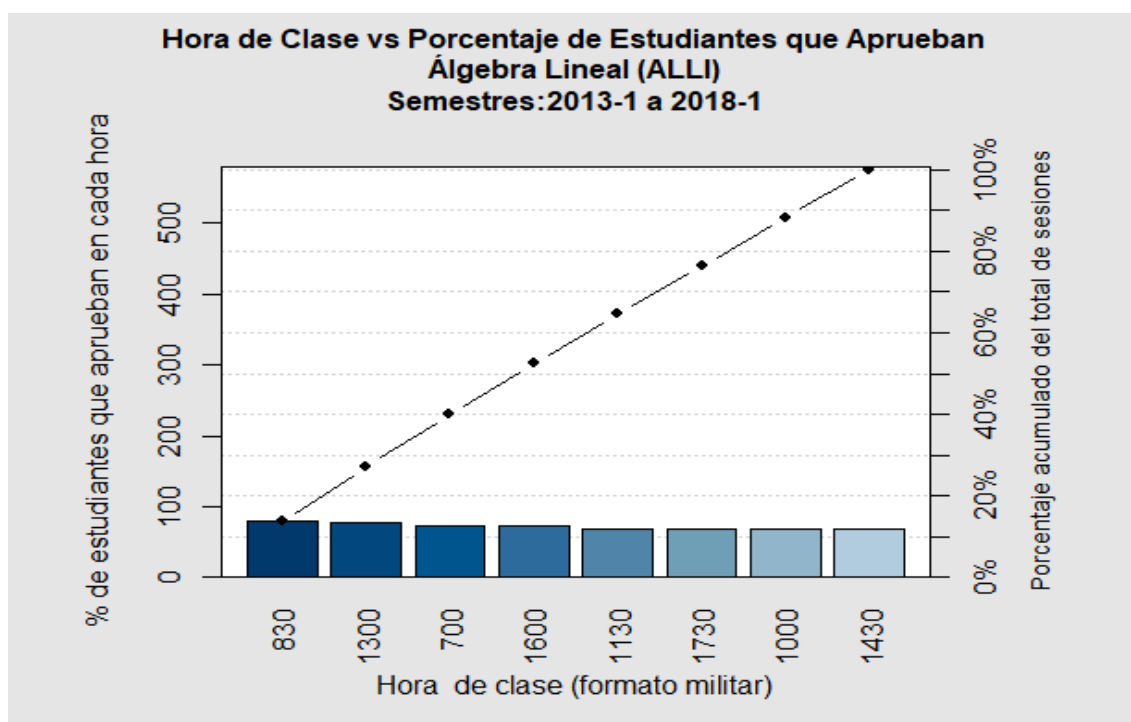


Gráfico 21 Álgebra Lineal. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

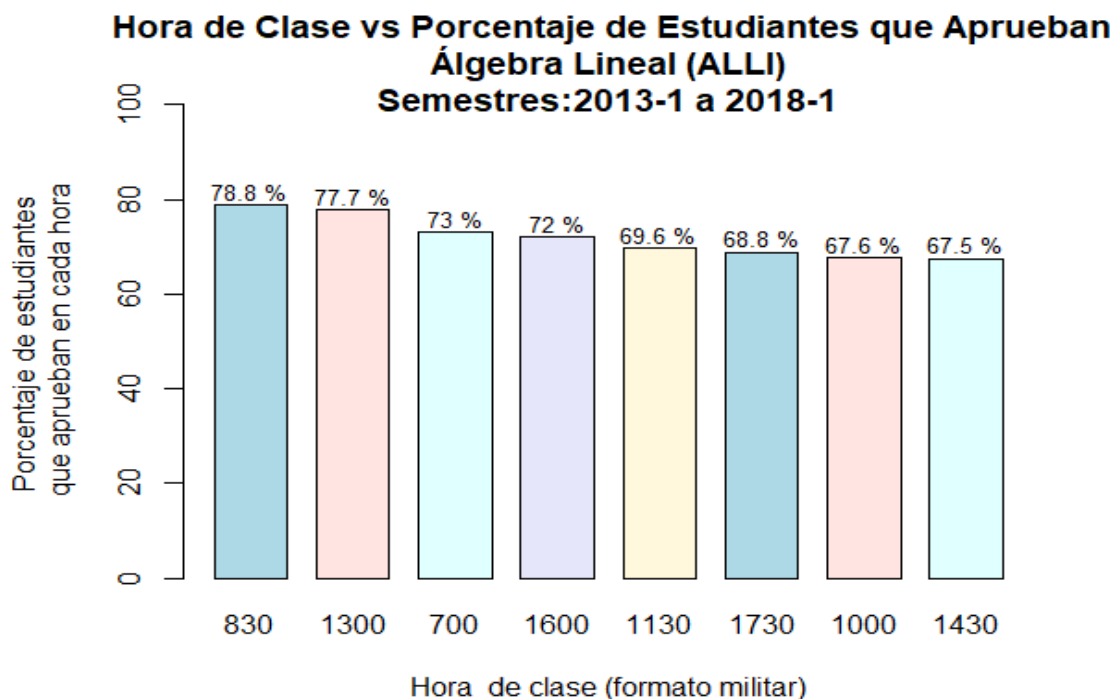


Gráfico 22 Álgebra Lineal. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1

5.2.3 Ecuaciones Diferenciales: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.

Pareto chart analysis for table(ECDI_depurada\$hora_ini)				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
830	2,375	2,375	21.2	21.2
1000	1,887	4,262	16.8	38.0
1430	1,649	5,911	14.7	52.8
1130	1,329	7,240	11.9	64.6
700	1,243	8,483	11.1	75.7
1600	1,093	9,576	9.8	85.5
1300	990	10,566	8.8	94.3
1730	639	11,205	5.7	100.0

Tabla 25 Ecuaciones Diferenciales. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

Para el análisis del comportamiento de la asignatura Ecuaciones Diferenciales se obtuvieron la Tabla 25 y el diagrama de Pareto ilustrado en el Gráfico 23, en los cuales se encuentran los datos de la frecuencia de utilización de los diferentes horarios para las clases de la asignatura.

Así mismo, se realiza la simulación para los porcentajes de aprobación de la asignatura Ecuaciones Diferenciales de acuerdo con los horarios y los datos obtenidos se muestran en la Tabla 26 y se ilustra el diagrama de Pareto en el

Gráfico 24 y el diagrama de barras en el Gráfico 25, concluyendo que a las 1600 horas y a las 1000 horas se presentan el mayor y el menor porcentaje de aprobación respectivamente

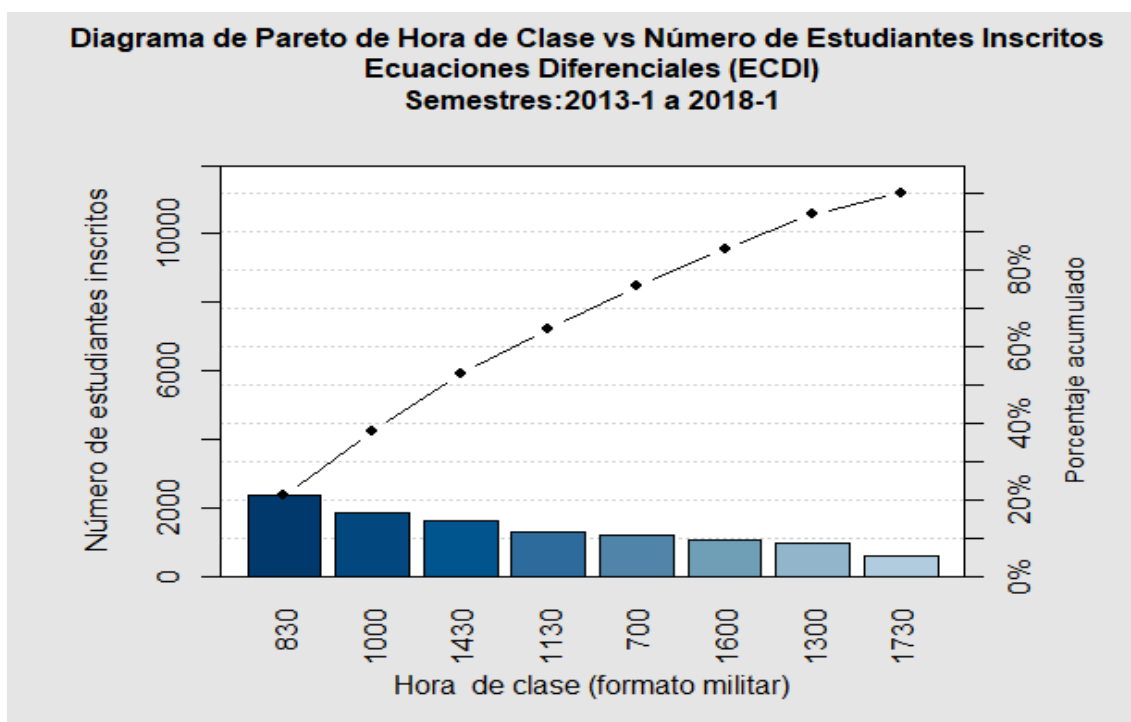


Gráfico 23 Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1

Pareto chart analysis for porcpasanecdi				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1600	84.1	84.1	13.2	13.2
1430	81.4	165.5	12.7	25.9
1730	81.2	246.7	12.7	38.6
1130	79.3	326.1	12.4	51.0
700	79.2	405.3	12.4	63.4
1300	79.2	484.5	12.4	75.8
830	78.9	563.4	12.3	88.1
1000	75.9	639.3	11.9	100.0

Tabla 26 Ecuaciones Diferenciales. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

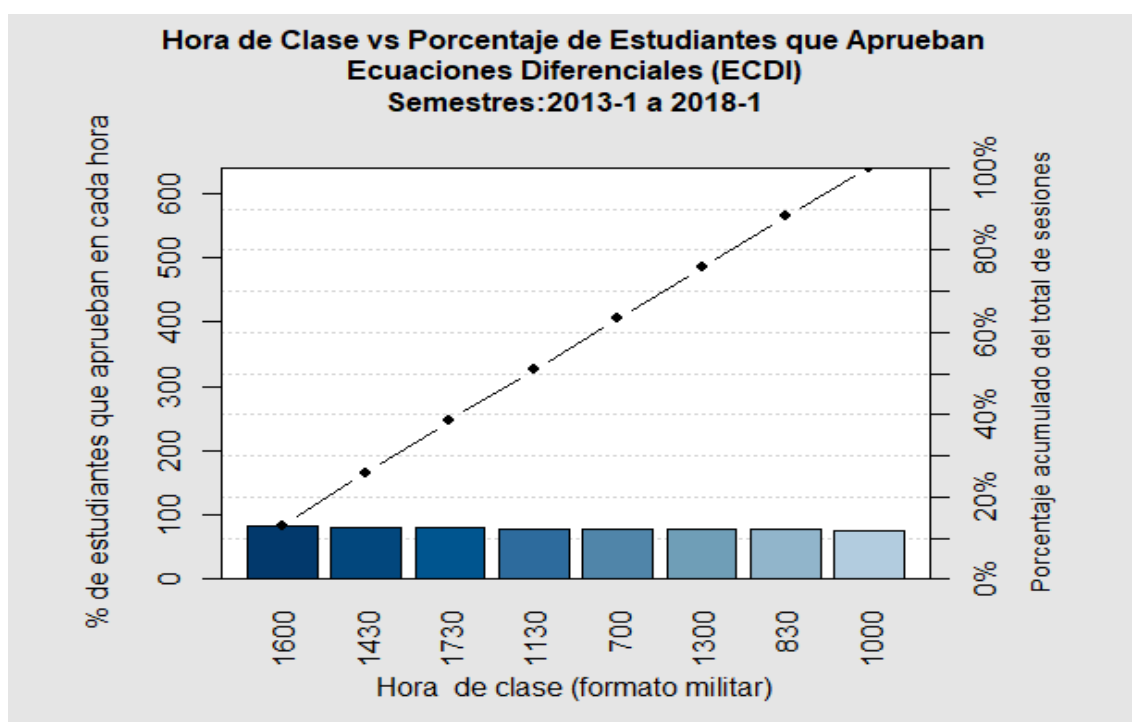


Gráfico 24 Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

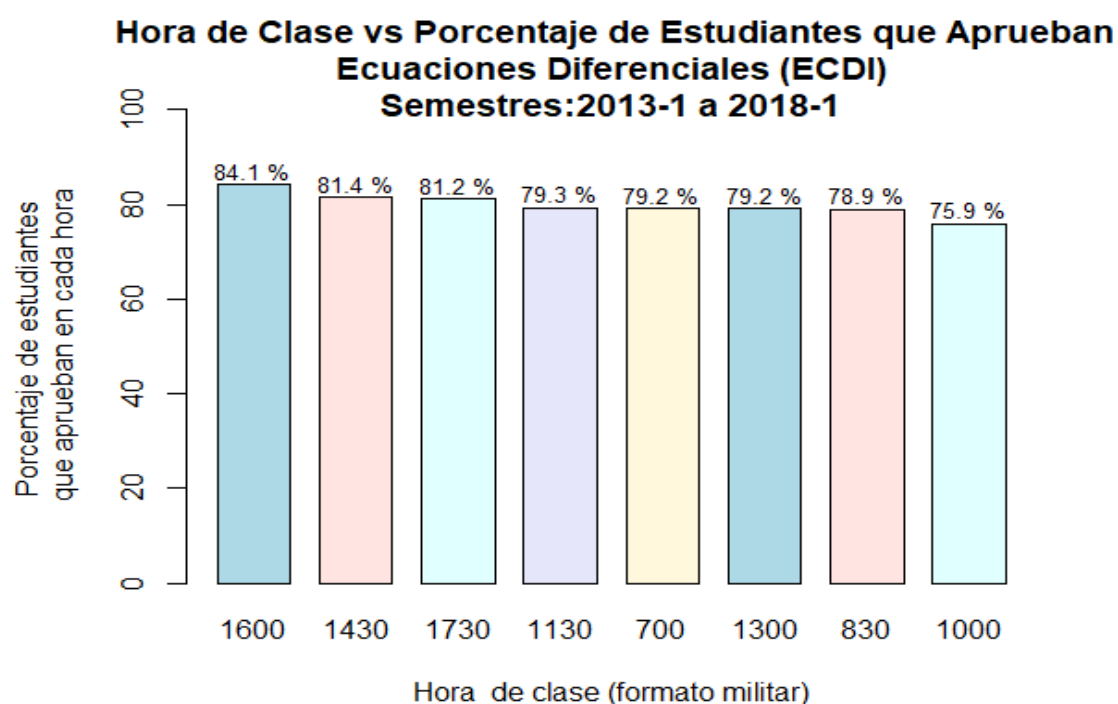


Gráfico 25 Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1

5.2.4 Probabilidad: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.

Para el análisis del comportamiento de la asignatura Probabilidad se obtuvieron la Tabla 27 y el diagrama de Pareto ilustrado en el Gráfico 26, en los cuales se encuentran los datos de la frecuencia de utilización de los diferentes horarios para las clases de la asignatura.

Pareto chart analysis for table(PRBA_depurada\$hora_ini)				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1600	2,296.0	2,296.0	22.5	22.5
1300	1,574.0	3,870.0	15.4	37.9
1730	1,573.0	5,443.0	15.4	53.4
1430	1,477.0	6,920.0	14.5	67.8
830	1,244.0	8,164.0	12.2	80.0
1000	1,088.0	9,252.0	10.7	90.7
1130	570.0	9,822.0	5.6	96.3
700	378.0	10,200.0	3.7	100.0

Tabla 27 Probabilidad. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

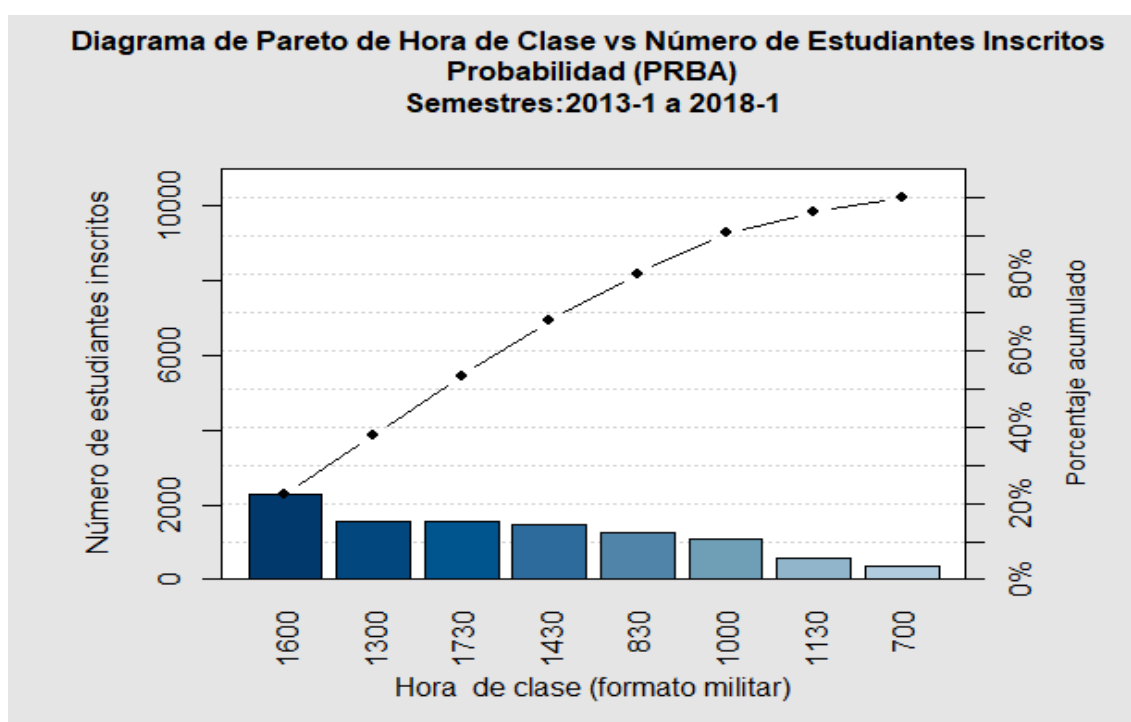


Gráfico 26. Probabilidad. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1

Así mismo, se realiza la simulación para los porcentajes de aprobación de la asignatura Probabilidad de acuerdo con los horarios y los datos obtenidos se muestran en la Tabla 28 y se ilustra el diagrama de Pareto en el Gráfico 27 y el diagrama de barras en el Gráfico 28, concluyendo que a las 1130 horas y a las

700 horas se presentan el mayor y el menor porcentaje de aprobación respectivamente

Pareto chart analysis for porcpasanPRBA				
	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1130	96.8	96.8	13.2	13.2
1000	94.2	191.1	12.8	26.0
1730	93.6	284.6	12.8	38.8
1300	93.5	378.1	12.7	51.5
1430	91.4	469.5	12.5	64.0
830	91.4	560.9	12.5	76.4
1600	87.8	648.7	12.0	88.4
700	85.2	733.9	11.6	100.0

Tabla 28 Probabilidad. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

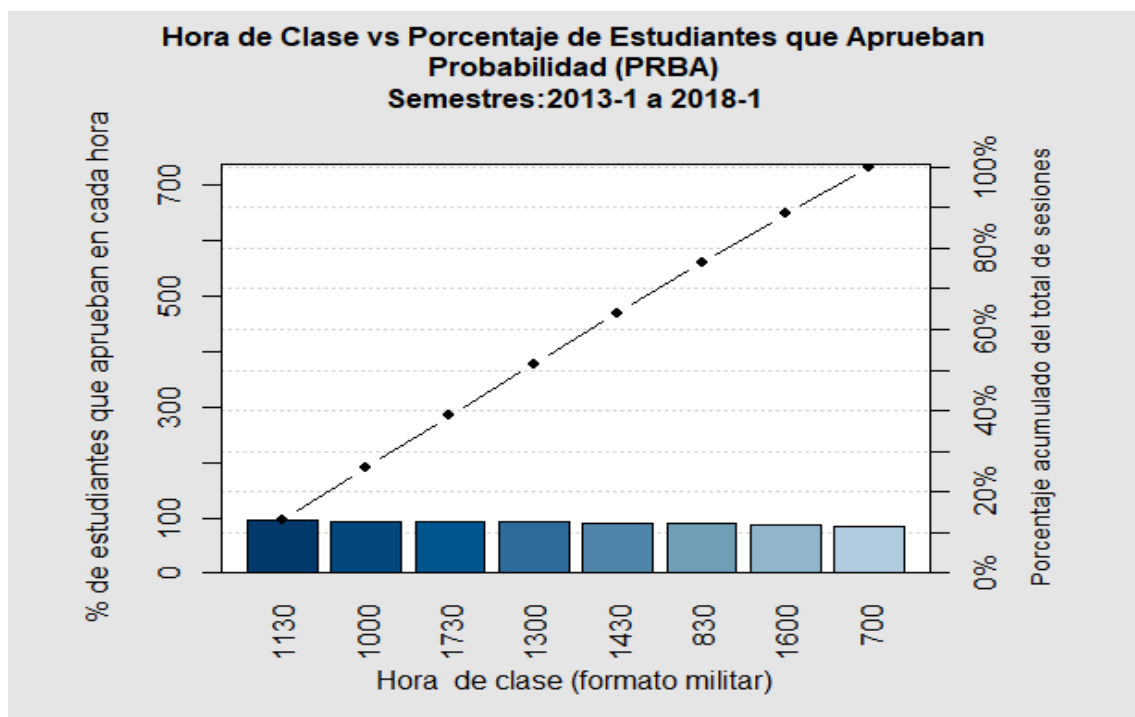


Gráfico 27. Probabilidad. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

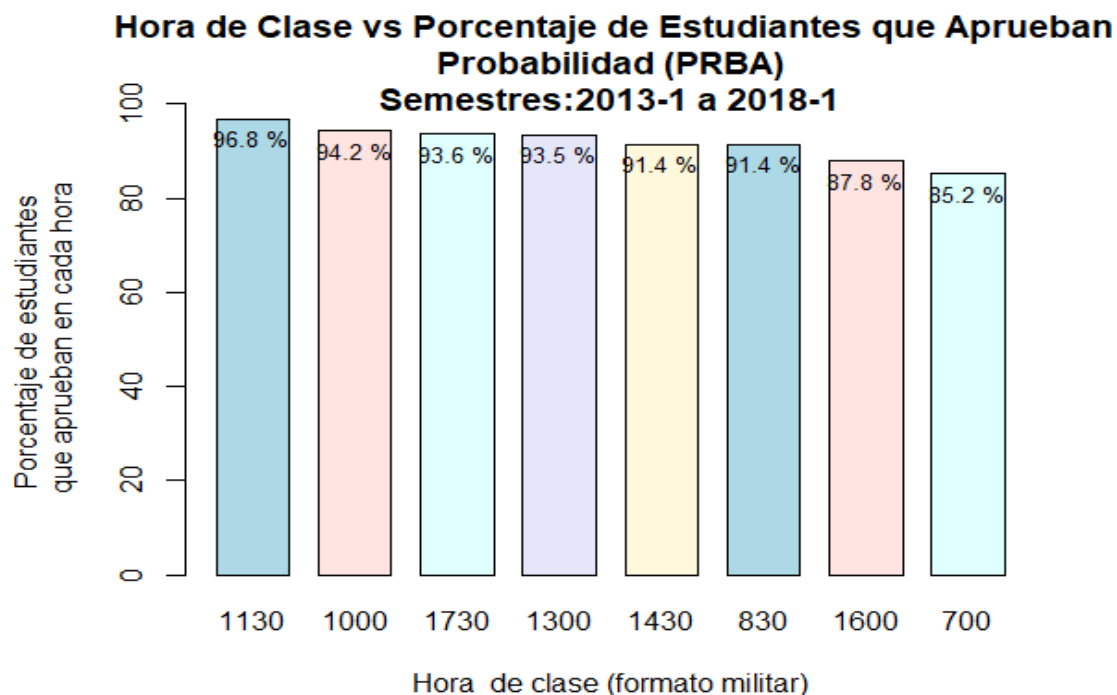


Gráfico 28 Probabilidad. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1

5.2.5 Análisis Geométrico: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.

Para el análisis del comportamiento de la asignatura Análisis Geométrico se obtuvieron la Tabla 29 y el diagrama de Pareto ilustrado en el Gráfico 29, en los cuales se encuentran los datos de la frecuencia de utilización de los diferentes horarios para las clases de la asignatura.

Pareto chart analysis for table(AGEO_depurada\$hora_ini)				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1430	4,672.0	4,672.0	16.0	16.0
700	4,519.0	9,191.0	15.5	31.5
1000	4,516.0	13,707.0	15.5	47.0
830	4,392.0	18,099.0	15.1	62.0
1600	3,598.0	21,697.0	12.3	74.4
1300	3,392.0	25,089.0	11.6	86.0
1130	2,931.0	28,020.0	10.0	96.1
1730	1,152.0	29,172.0	3.9	100.0

Tabla 29 Análisis Geométrico. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

Así mismo, se realiza la simulación para los porcentajes de aprobación de la asignatura Análisis Geométrico de acuerdo con los horarios y los datos obtenidos se muestran en la Tabla 30 y se ilustra el diagrama de Pareto en el Gráfico 30 el

diagrama de barras en el Gráfico 41, concluyendo que a las 1600 horas y a las 830 horas se presentan el mayor y el menor porcentaje de aprobación respectivamente.

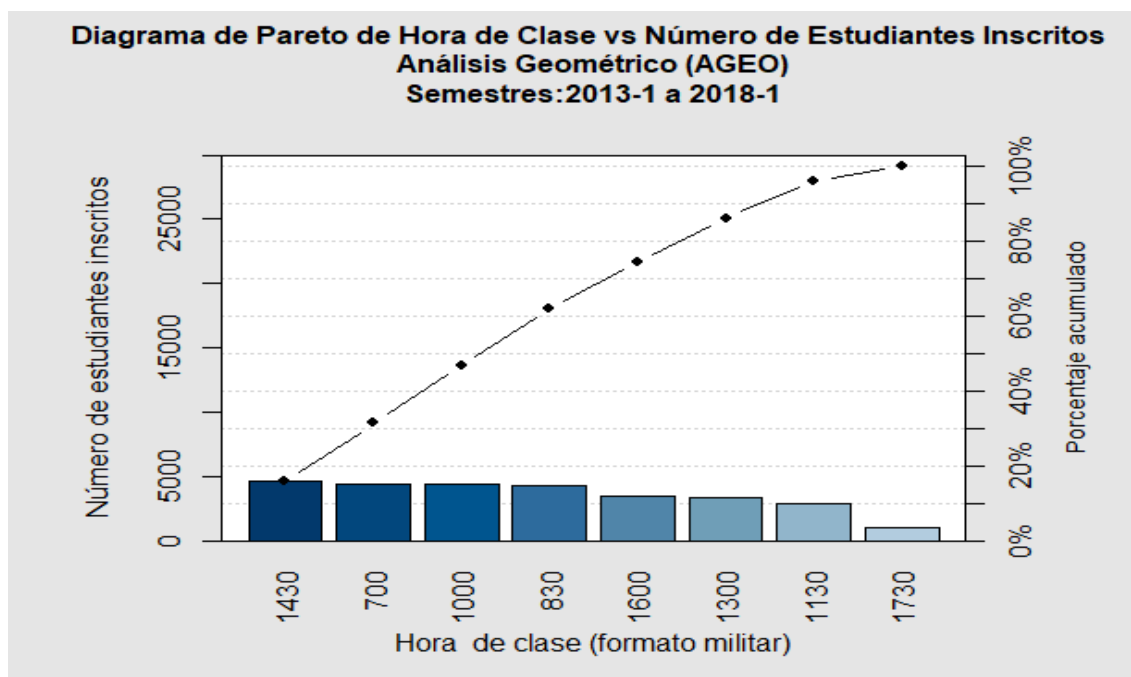


Gráfico 29 Análisis Geométrico. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1

Pareto chart analysis for porcpasanAGEO				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1600	74.8	74.8	13.6	13.6
1430	72.6	147.4	13.2	26.9
1300	70.6	218.0	12.9	39.8
700	68.0	286.0	12.4	52.2
1000	66.2	352.1	12.1	64.2
1730	66.0	418.1	12.0	76.3
1130	65.1	483.2	11.9	88.1
830	65.1	548.3	11.9	100.0

Tabla 30 Análisis Geométrico. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

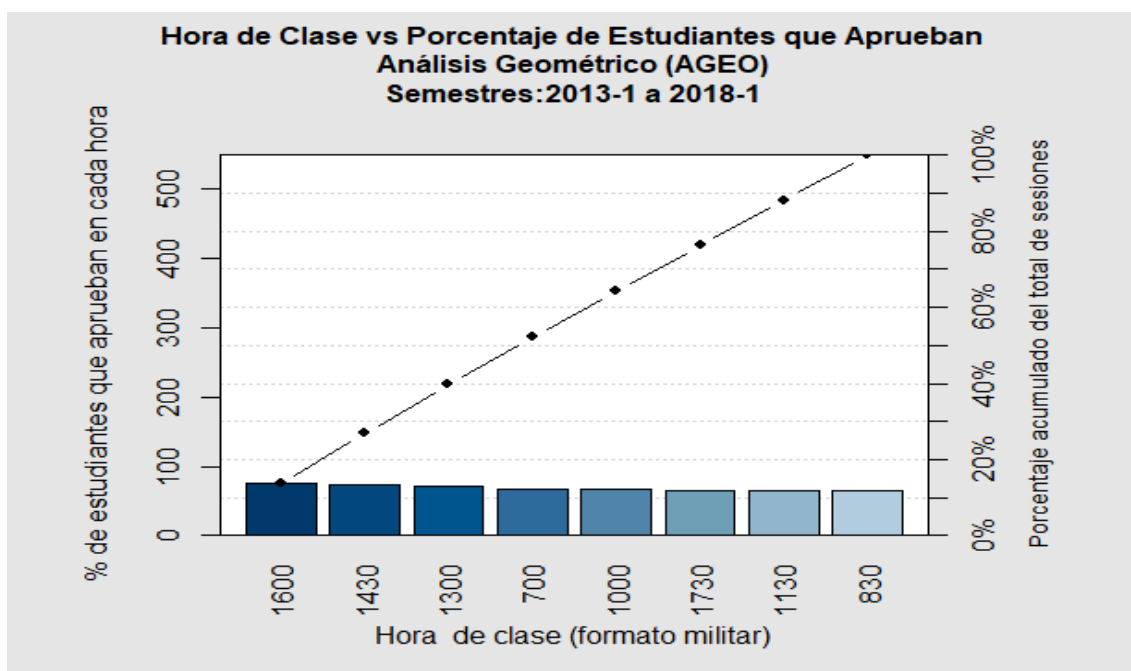


Gráfico 30 Análisis Geométrico. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

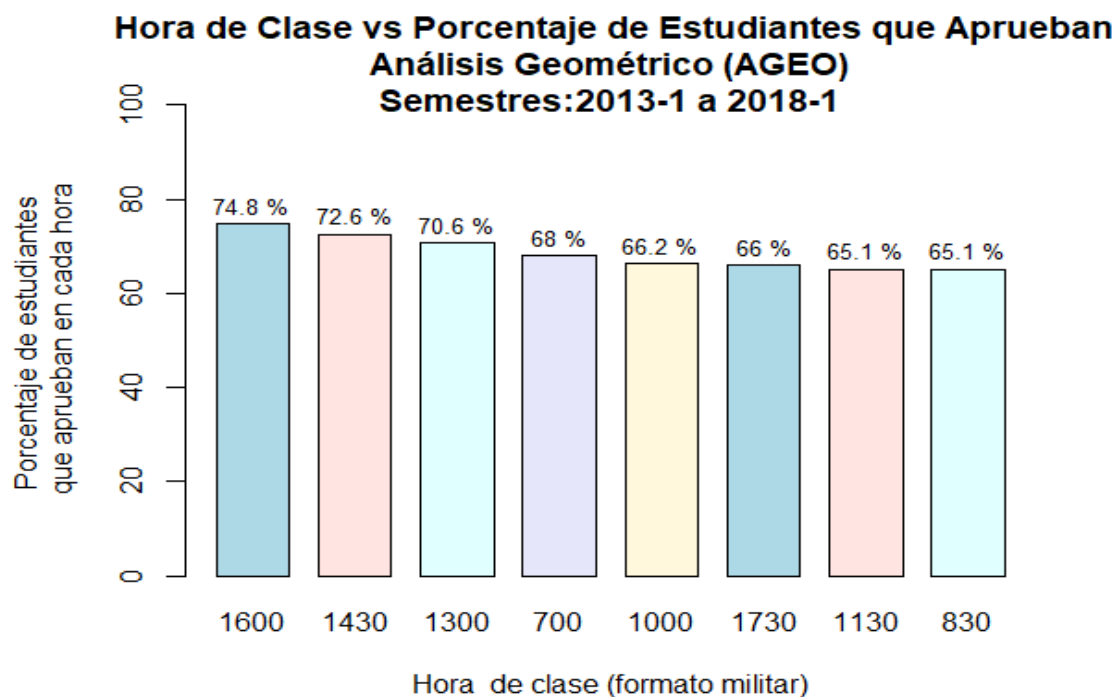


Gráfico 31 Análisis Geométrico. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1

5.2.6 Precálculo: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.

Para el análisis del comportamiento de la asignatura Precálculo se obtuvieron la Tabla 31 y el diagrama de Pareto ilustrado en el Gráfico 32, en los cuales se encuentran los datos de la frecuencia de utilización de los diferentes horarios para las clases de la asignatura.

Pareto chart analysis for table(PREM_depurada\$hora_ini)				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
830	6,384.0	6,384.0	22.1	22.1
700	5,001.0	11,385.0	17.3	39.5
1600	4,137.0	15,522.0	14.3	53.8
1000	3,464.0	18,986.0	12.0	65.9
1300	3,219.0	22,205.0	11.2	77.0
1430	3,093.0	25,298.0	10.7	87.7
1130	2,645.0	27,943.0	9.2	96.9
1730	889.0	28,832.0	3.1	100.0

Tabla 31 Precálculo. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

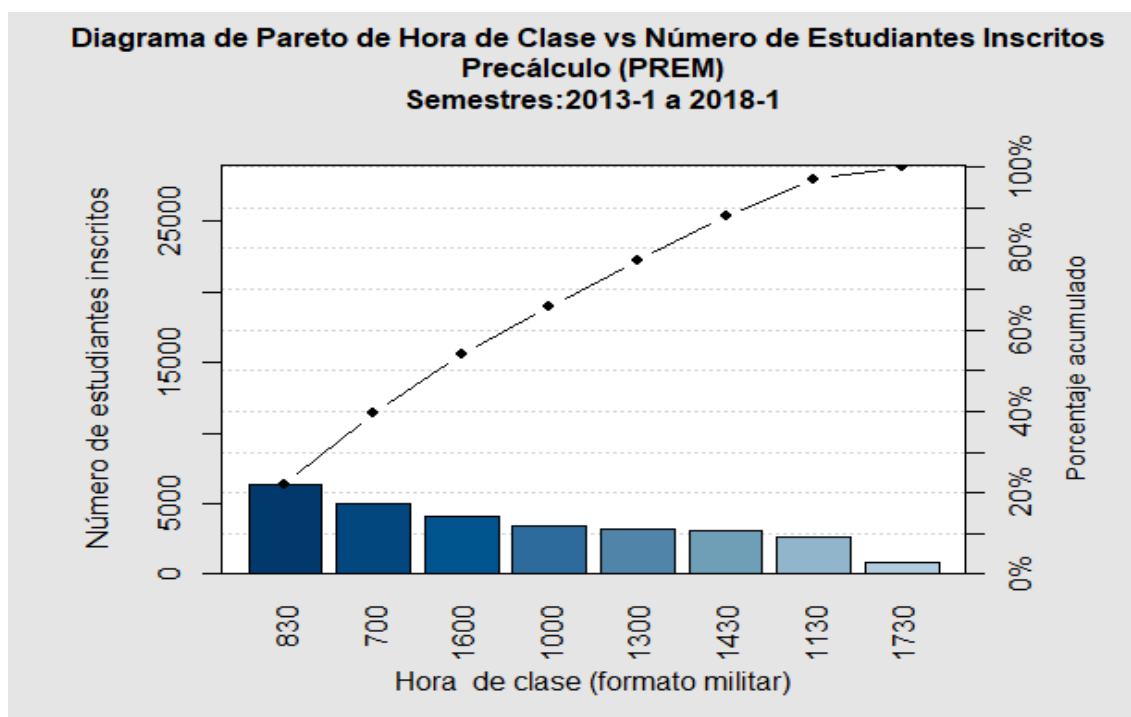


Gráfico 32 Precálculo. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1

Así mismo, se realiza la simulación para los porcentajes de aprobación de la asignatura Precálculo de acuerdo con los horarios y los datos obtenidos se muestran en la Tabla 32 y se ilustra el diagrama de Pareto en el Gráfico 33 y el diagrama de barras en el Gráfico 34, concluyendo que a las 830 horas y a las 1730 horas se presentan el mayor y el menor porcentaje de aprobación respectivamente

.Pareto chart analysis for porcpasanPREM				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
830	66.7	66.7	13.7	13.7
1300	65.2	132.0	13.4	27.1
1430	64.8	196.8	13.3	40.4
700	64.8	261.5	13.3	53.7
1600	64.2	325.7	13.2	66.8
1130	60.6	386.3	12.4	79.3
1000	58.2	444.5	11.9	91.2
1730	42.7	487.2	8.8	100.0

Tabla 32 Precálculo. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

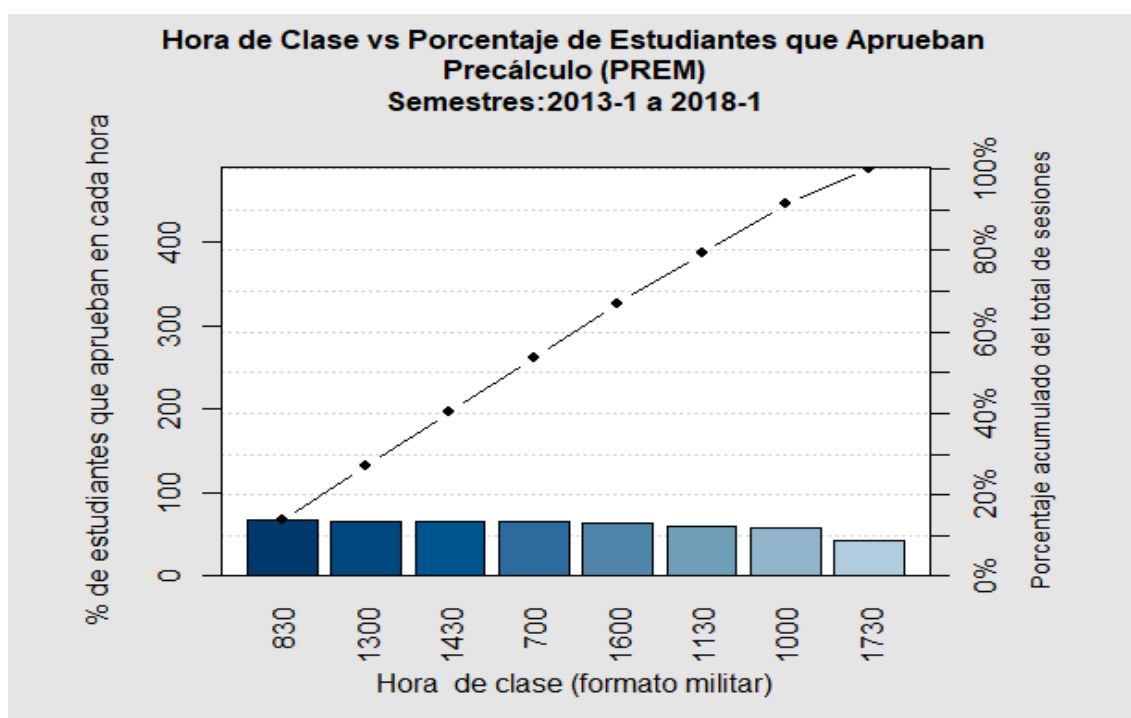


Gráfico 33 Precálculo. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

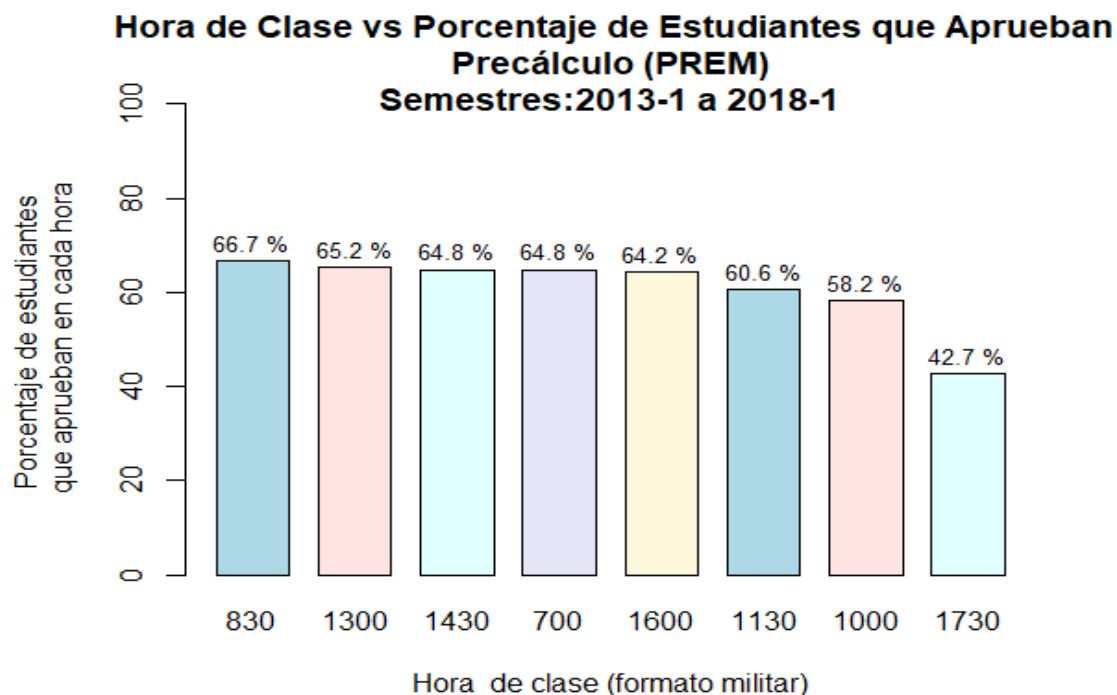


Gráfico 34 Precálculo. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1

5.2.7 Cálculo Integral: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.

Para el análisis del comportamiento de la asignatura Cálculo Integral se obtuvieron la Tabla 40 y el diagrama de Pareto ilustrado en el Gráfico 35, en los cuales se encuentran los datos de la frecuencia de utilización de los diferentes horarios para las clases de la asignatura.

Pareto chart analysis for table(CALI_depurada\$hora_ini)				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
830	3,958	3,958	19.8	19.8
700	3,004	6,962	15.0	34.7
1300	2,733	9,695	13.6	48.4
1430	2,533	12,228	12.6	61.0
1000	2,503	14,731	12.5	73.5
1600	2,232	16,963	11.1	84.6
1130	1,653	18,616	8.2	92.9
1730	1,424	20,040	7.1	100.0

Tabla 33 Cálculo Integral. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

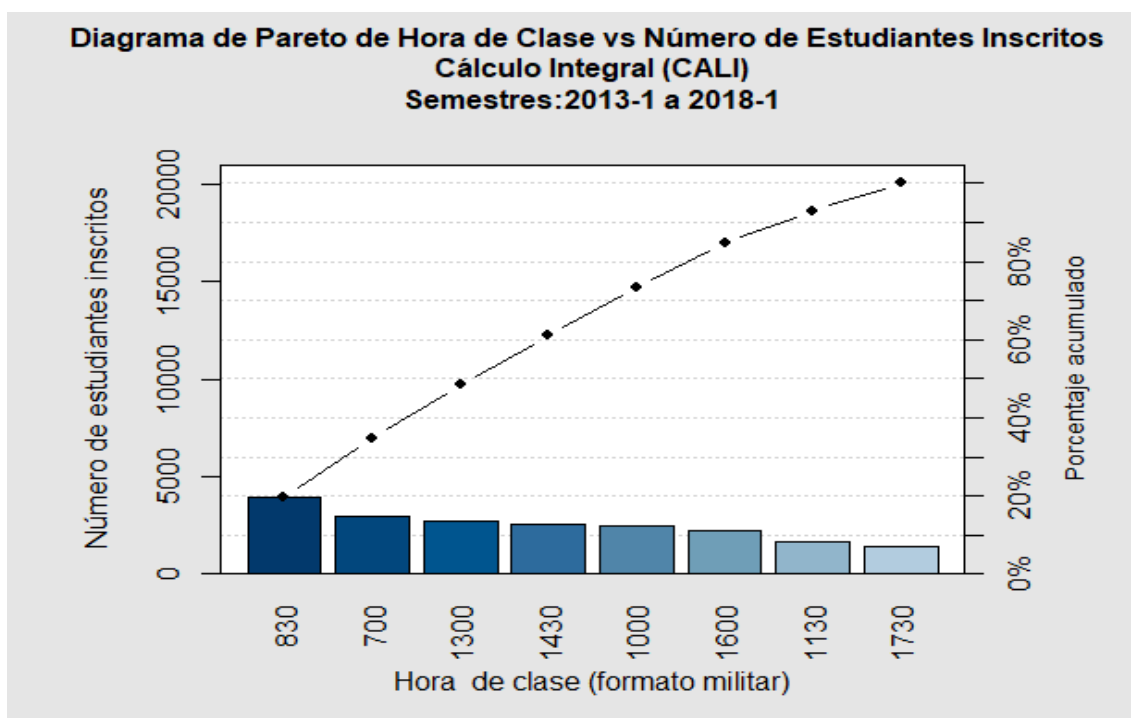


Gráfico 35 Cálculo Integral. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1

Así mismo, se realiza la simulación para los porcentajes de aprobación de la asignatura Cálculo Integral de acuerdo con los horarios y los datos obtenidos se muestran en la Tabla 34 y se ilustra el diagrama de Pareto en el Gráfico 36 y el diagrama de barras en el Gráfico 37, concluyendo que a las 1300 horas y a las 700 horas se presentan el mayor y el menor porcentaje de aprobación respectivamente

Pareto chart analysis for porcpasanCALI				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1300	81.5	81.5	13.2	13.2
1430	79.4	160.9	12.9	26.1
830	79.4	240.3	12.9	38.9
1000	79.3	319.5	12.8	51.8
1730	77.5	397.1	12.6	64.3
1600	75.6	472.7	12.3	76.6
1130	73.8	546.5	12.0	88.5
700	70.7	617.2	11.5	100.0

Tabla 34 Cálculo Integral. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

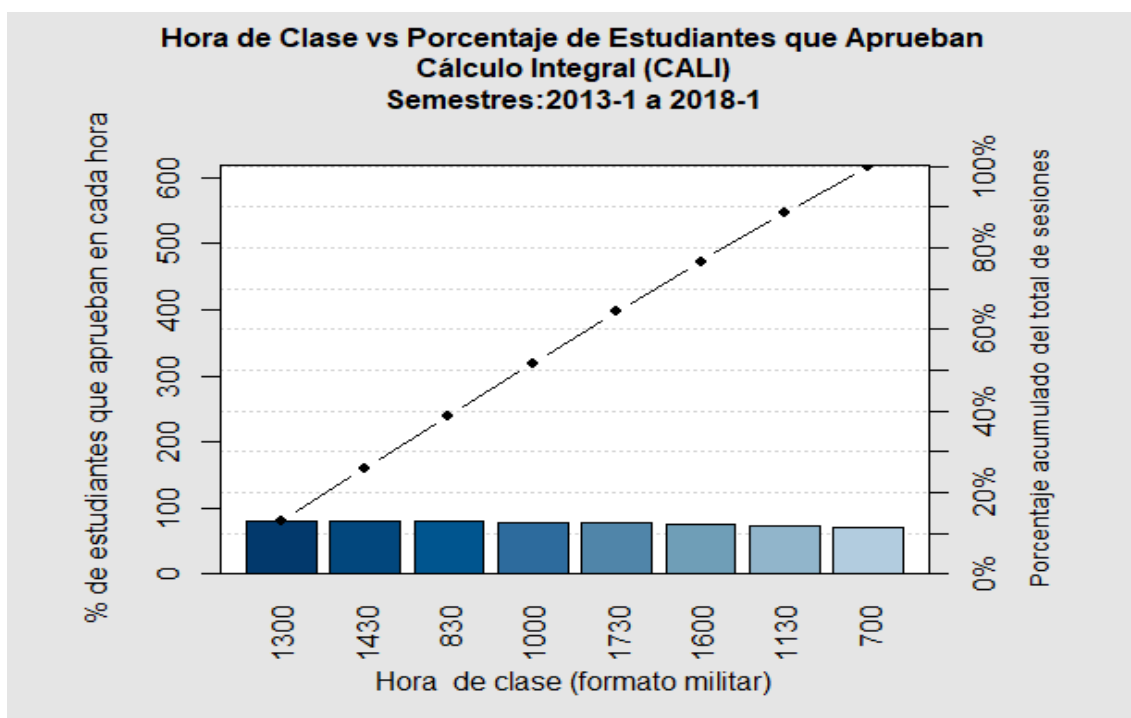


Gráfico 36 Cálculo Integral. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

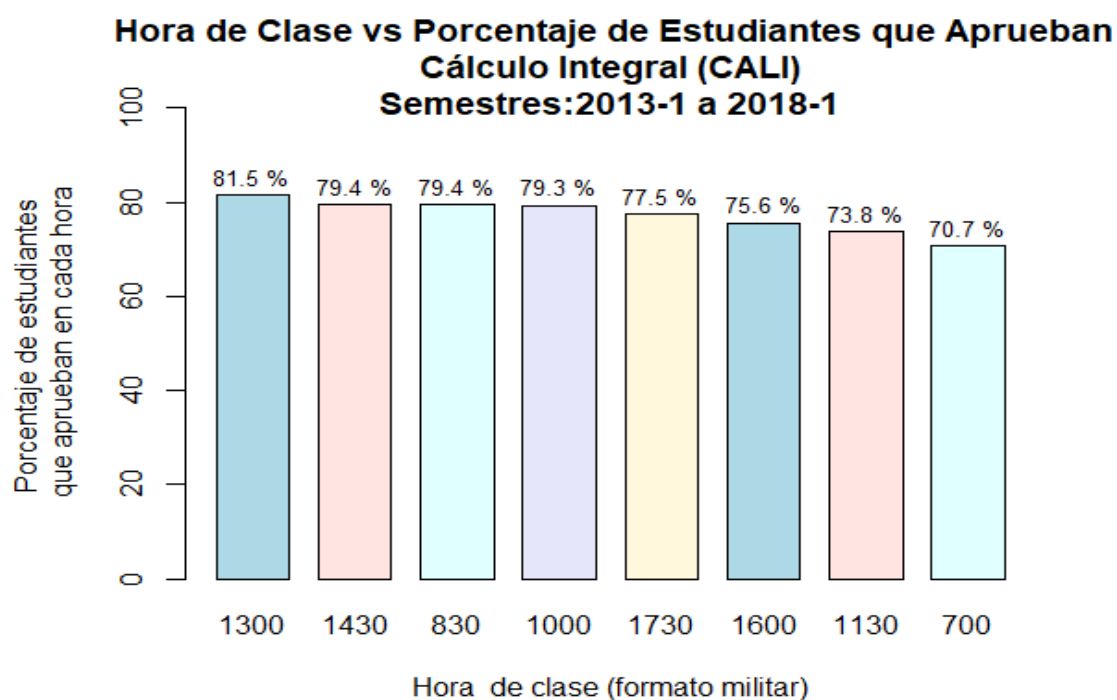


Gráfico 37 Cálculo Integral. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1

5.2.8 Cálculo Vectorial: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.

Para el análisis del comportamiento de la asignatura Cálculo Vectorial se obtuvieron la Tabla 35 y el diagrama de Pareto ilustrado en el Gráfico 38, en los cuales se encuentran los datos de la frecuencia de utilización de los diferentes horarios para las clases de la asignatura.

Pareto chart analysis for table(CALV_depurada\$hora_ini)				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1000	4,427	4,427	24.4	24.4
830	4,208	8,635	23.1	47.5
1130	2,217	10,852	12.2	59.7
1600	1,950	12,802	10.7	70.4
1300	1,639	14,441	9.0	79.4
700	1,616	16,057	8.9	88.3
1430	1,511	17,568	8.3	96.6
1730	612	18,180	3.4	100.0

Tabla 35 Cálculo Vectorial. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

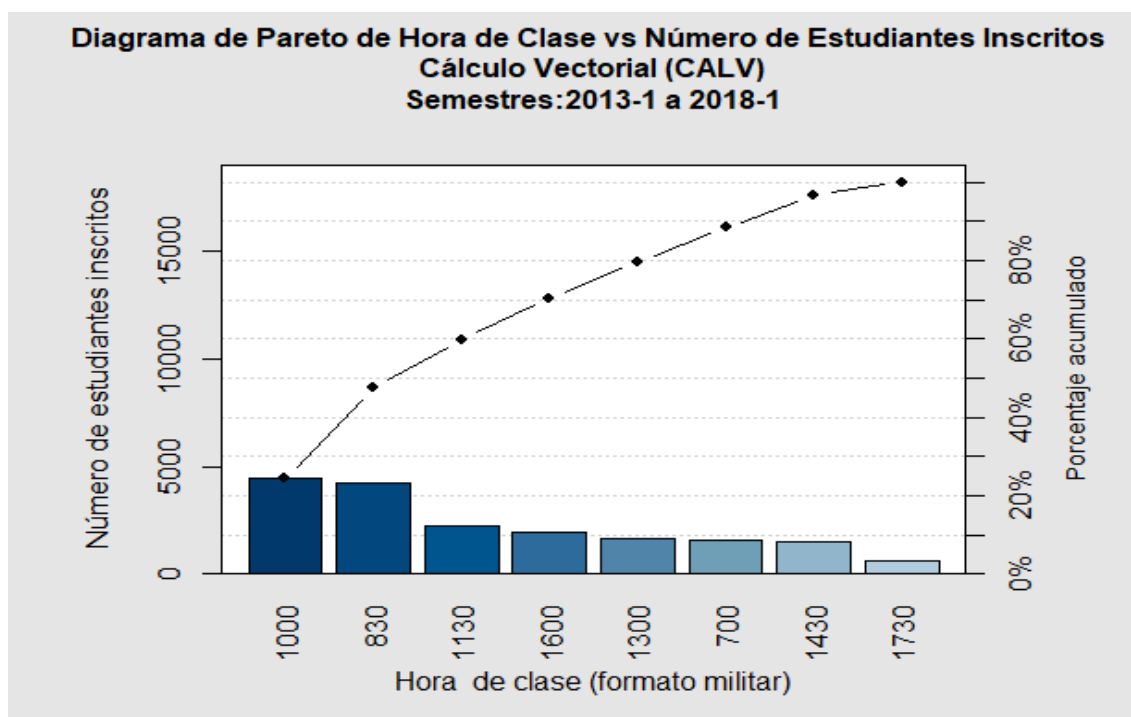


Gráfico 38 Cálculo Vectorial. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1

Así mismo, se realiza la simulación para los porcentajes de aprobación de la asignatura Cálculo Vectorial de acuerdo con los horarios y los datos obtenidos

se muestran en la Tabla 36 y se ilustra el diagrama de Pareto en el Gráfico 39 y el diagrama de barras en el Gráfico 40, concluyendo que a las 1600 horas y a las 700 horas se presentan el mayor y el menor porcentaje de aprobación respectivamente

.Pareto chart analysis for porcpasanCALV				
	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1600	73.4	73.4	13.1	13.1
1130	73.0	146.4	13.0	26.0
1300	72.9	219.3	13.0	39.0
1000	71.9	291.2	12.8	51.8
830	69.5	360.7	12.4	64.2
1730	69.3	429.9	12.3	76.5
1430	67.4	497.3	12.0	88.5
700	64.8	562.1	11.5	100.0

Tabla 36 Cálculo Vectorial. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

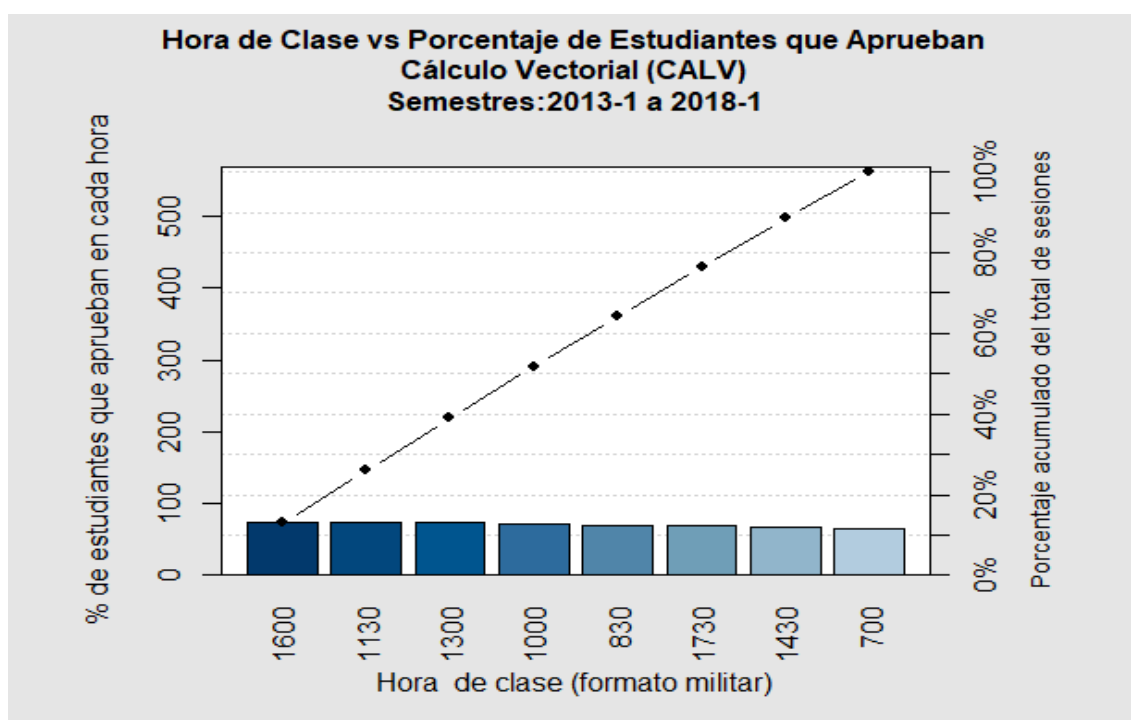


Gráfico 39 Cálculo Vectorial. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

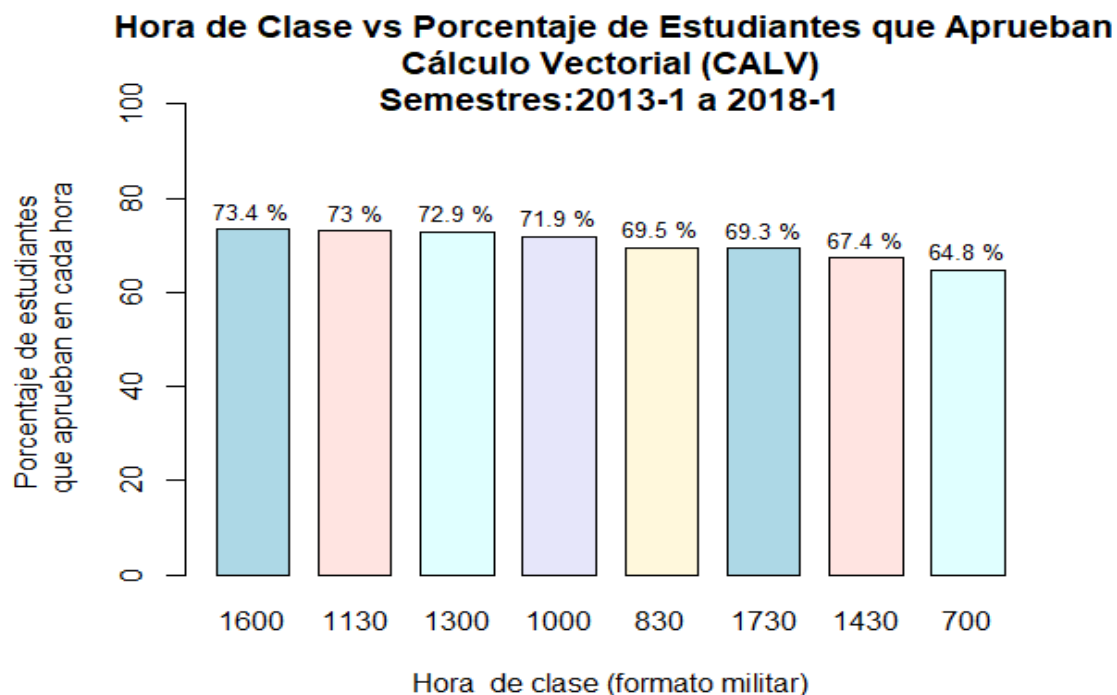


Gráfico 40 Cálculo Vectorial. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1

5.2.9 Estadística: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.

Para el análisis del comportamiento de la asignatura Estadística se obtuvieron la Tabla 37 y el diagrama de Pareto ilustrado en el Gráfico 41, en los cuales se encuentran los datos de la frecuencia de utilización de los diferentes horarios para las clases de la asignatura.

Pareto chart analysis for table(ESTI_depurada\$hora_ini)				
	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1000	1,496	1,496	22.8	22.8
830	1,224	2,720	18.6	41.4
1430	1,181	3,901	18.0	59.4
1600	839	4,740	12.8	72.2
1730	794	5,534	12.1	84.3
1130	738	6,272	11.2	95.5
1300	296	6,568	4.5	100.0
700	0	6,568	0.0	100.0

Tabla 37 Estadística. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

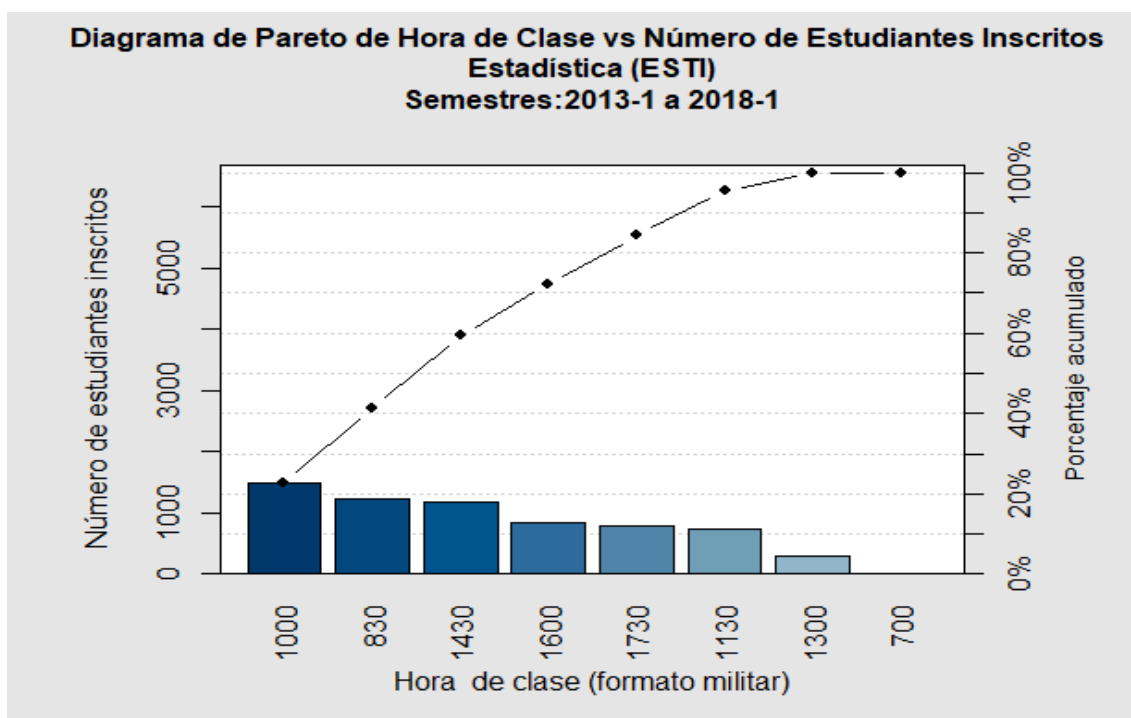


Gráfico 41 Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1

Así mismo, se realiza la simulación para los porcentajes de aprobación de la asignatura Estadística de acuerdo con los horarios y los datos obtenidos se muestran en la Tabla 38 y se ilustra el diagrama de Pareto en el Gráfico 42 y el diagrama de barras en el Gráfico 43, concluyendo que a las 1730 horas y a las 1000 horas se presentan el mayor y el menor porcentaje de aprobación respectivamente

.Pareto chart analysis for porcpasanESTI				
	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1730	93.2	93.2	15.0	15.0
1430	92.7	185.9	14.9	29.8
1600	90.5	276.4	14.5	44.3
1130	89.8	366.2	14.4	58.8
1300	89.2	455.4	14.3	73.1
830	84.3	539.7	13.5	86.6
1000	83.5	623.2	13.4	100.0

Tabla 38 Estadística. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

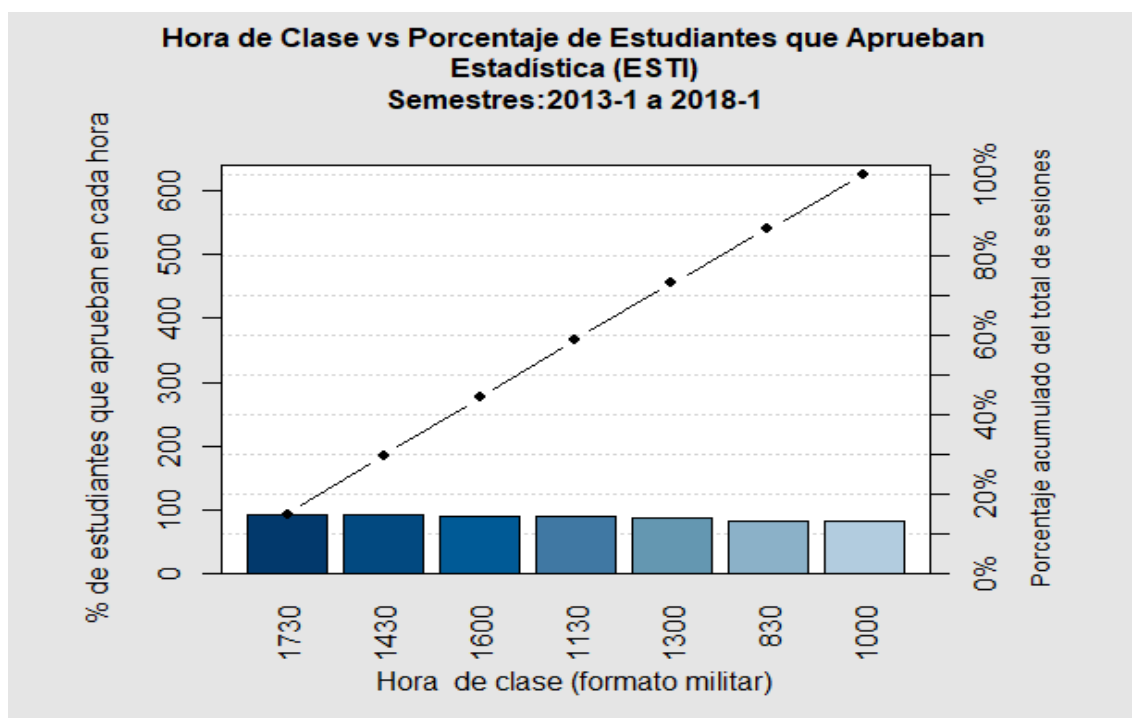


Gráfico 42 Estadística. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

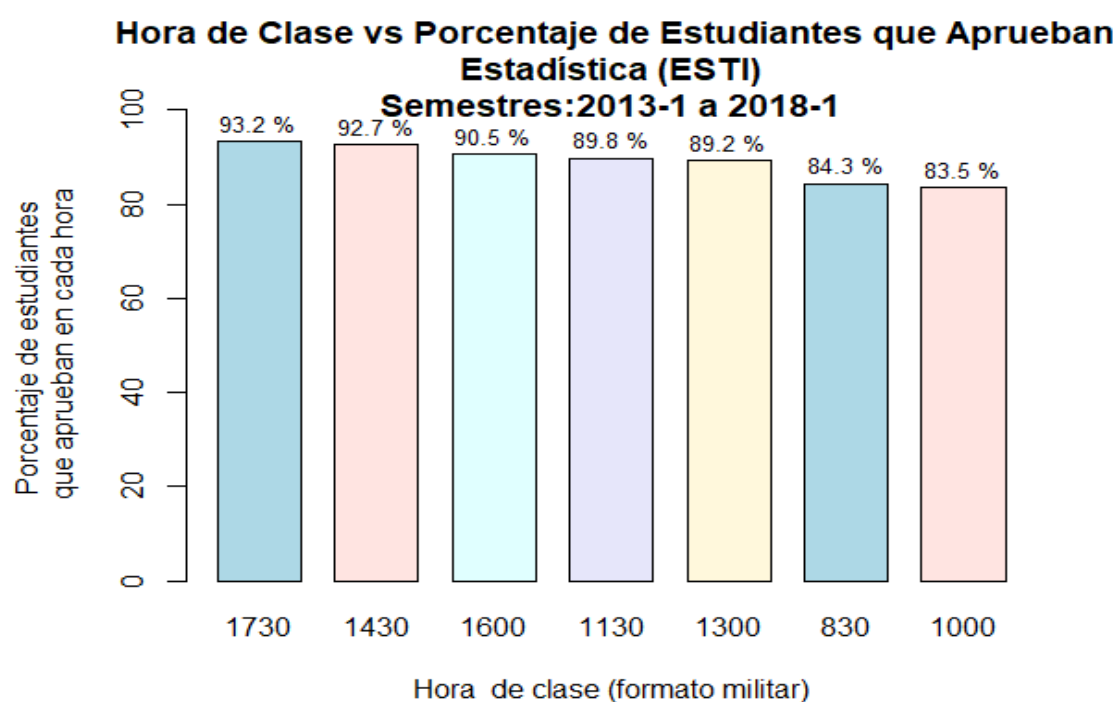


Gráfico 43 Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1

5.2.10 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales: Comportamiento del Índice de Aprobación de acuerdo con el Horario de Clases.

Para el análisis del comportamiento de la asignatura Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales se obtuvieron la Tabla 39 y el diagrama de Pareto ilustrado en el Gráfico 44, en los cuales se encuentran los datos de la frecuencia de utilización de los diferentes horarios para las clases de la asignatura.

Pareto chart analysis for table(CIED_depurada\$hora_ini)				
	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
830	537	537	33.0	33.0
1600	344	881	21.1	54.1
1430	268	1,149	16.5	70.6
1730	184	1,333	11.3	81.9
1300	130	1,463	8.0	89.9
1000	117	1,580	7.2	97.1
700	48	1,628	2.9	100.0
1130	0	1,628	0.0	100.0

Tabla 39 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Número de estudiantes Inscritos

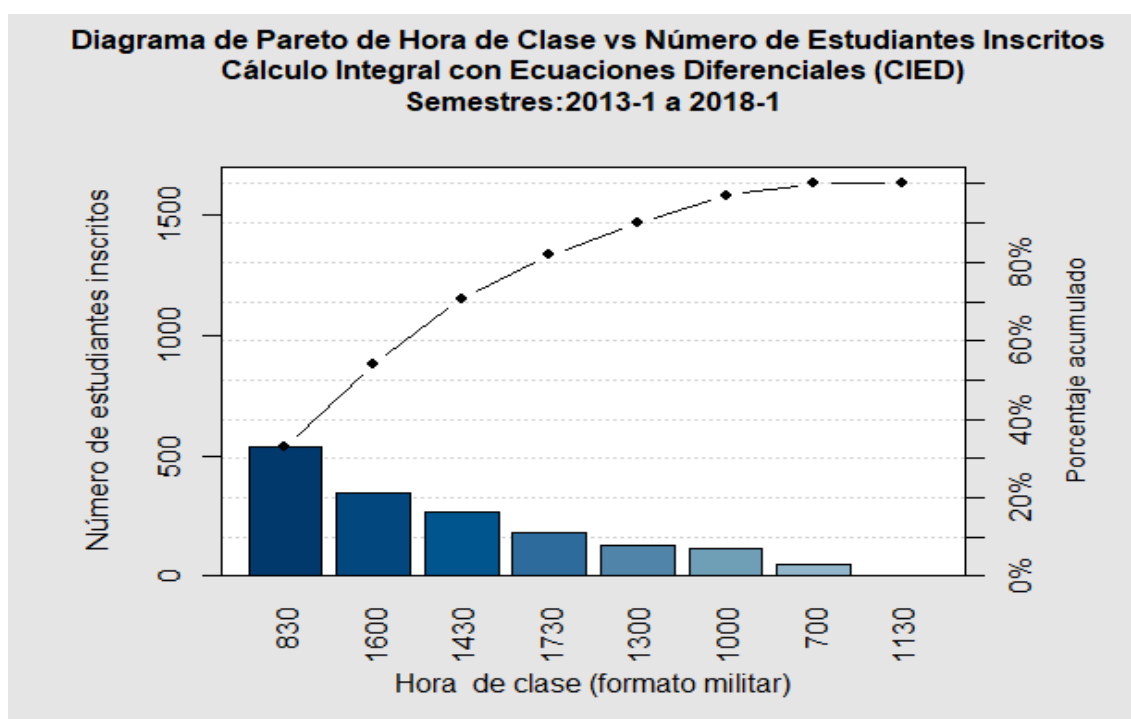


Gráfico 44 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos. Semestres 2013-1 a 2018-1

Finalmente, se realiza la simulación para los porcentajes de aprobación de la asignatura Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales de acuerdo con los

horarios y los datos obtenidos se muestran en la Tabla 40 y se ilustra el diagrama de Pareto en el Gráfico 45 y el diagrama de barras en el Gráfico 46, concluyendo que a las 1600 horas y a las 1730 horas se presentan el mayor y el menor porcentaje de aprobación respectivamente.

.Pareto chart analysis for porcpasanCIED				
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1600	93.0	93.0	16.2	16.2
700	91.7	184.7	16.0	32.2
1000	82.9	267.6	14.5	46.7
1300	79.2	346.8	13.8	60.5
1430	79.1	425.9	13.8	74.3
830	75.2	501.2	13.1	87.5
1730	71.7	572.9	12.5	100.0

Tabla 40 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales. Datos del Diagrama de Pareto Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban

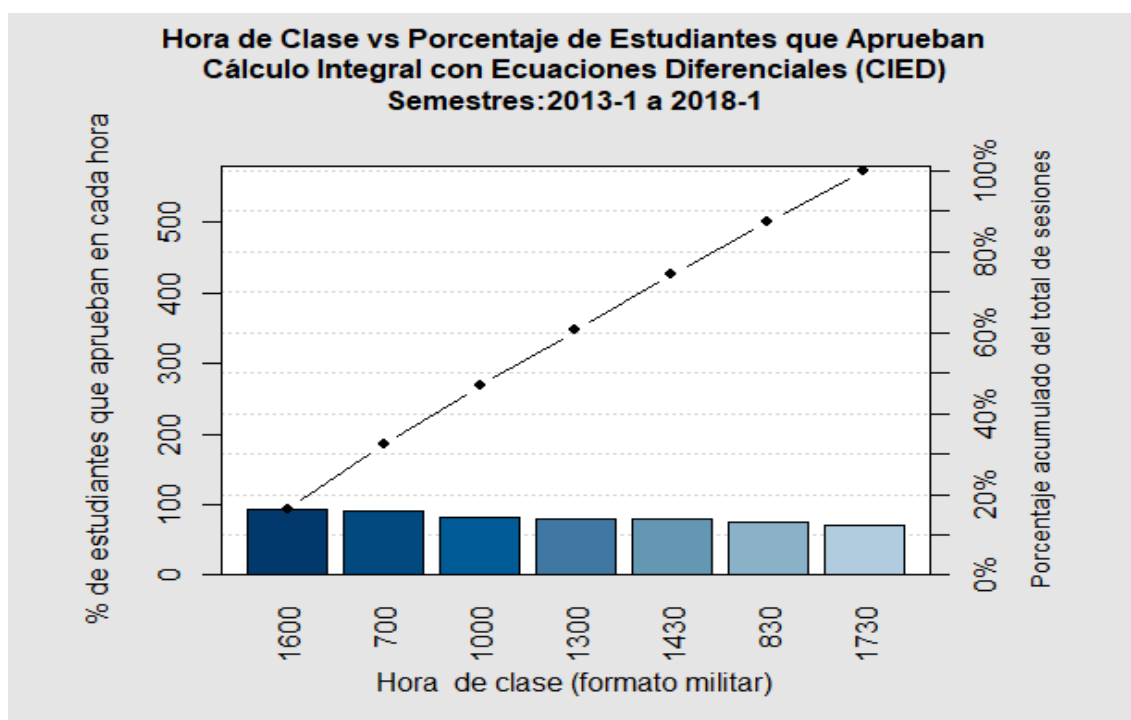


Gráfico 45 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. Semestres 2013-1 a 2018-1

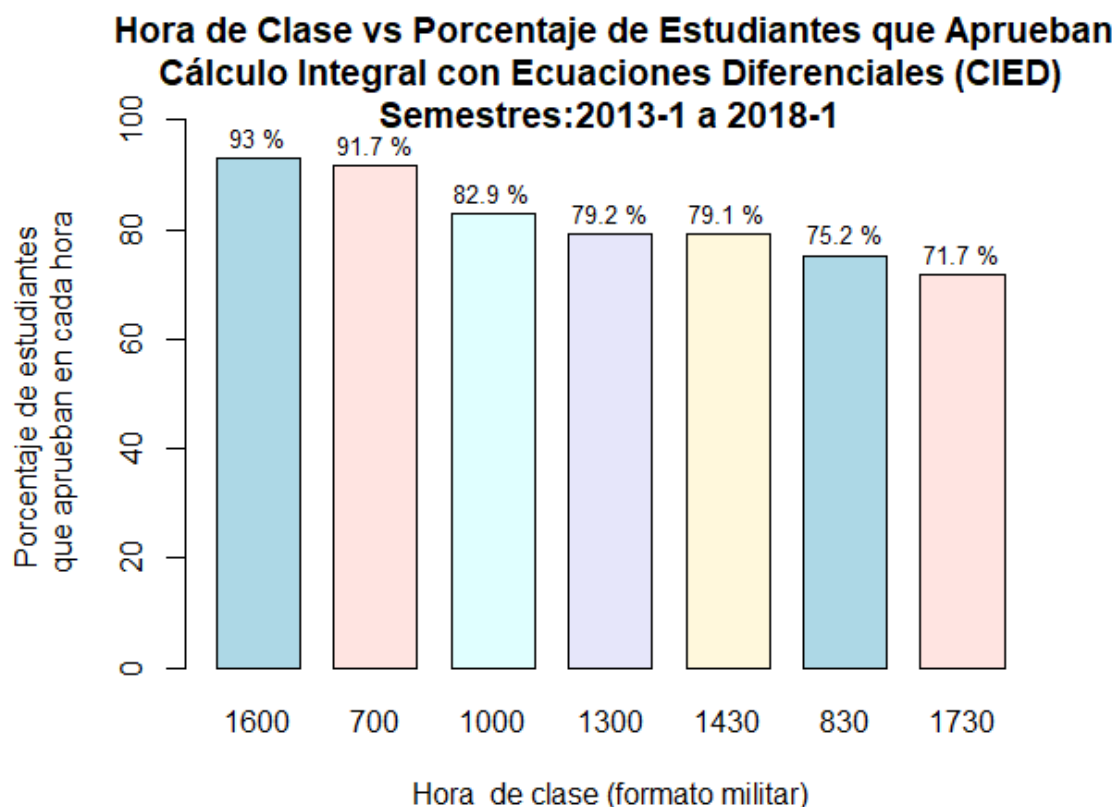


Gráfico 46 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban. (ordenado en forma descendente). Semestres 2013-1 a 2018-1

5.3 Resumen Consolidado e Interpretación de Resultados Asignatura por Asignatura sin Suprimir Registros

Para realizar el análisis de los resultados, a continuación en la Tabla 41, se consolidan los datos obtenidos para cada una de las asignaturas. Las tres últimas columnas, muestran los mayores y menores porcentajes de aprobación de cada asignatura de acuerdo con la hora, así como la diferencia porcentual entre los dos extremos.

Porcentajes de Aprobación de cada Asignatura Semestres 2013-1 a 2018-1											Mayor (%)	Menor (%)	Delta de %
PREM	% Aprobación Hora	64.8	66.7	58.2	60.6	65.2	64.8	64.2	42.7	66.7	42.7	24.0	
		700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730	830	1730		
AGEO	% Aprobación Hora	68.0	65.1	66.2	65.1	70.6	72.6	74.8	66.0	74.8	65.1	9.7	
		700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730	1600	830		
CALD	% Aprobación Hora	75.5	70.0	73.1	75.0	69.4	67.7	68.9	54.2	75.5	54.2	21.3	
		700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730	700	1730		
ALLI	% Aprobación	73.0	78.8	67.6	69.6	77.7	67.5	72.0	68.8	78.8	67.5	11.2	

Porcentajes de Aprobación de cada Asignatura Semestres 2013-1 a 2018-1											Mayor (%)	Menor (%)	Delta de %
	Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730				
CALI	% Aprobación Hora	70.7 700	79.4 830	79.3 1000	73.8 1130	81.5 1300	79.4 1430	75.6 1600	77.5 1730	81.5 1300	70.7 700	10.8	
CIED	% Aprobación Hora	91.7 700	75.2 830	82.9 1000	No ⁶ 1130	79.2 1300	79.1 1430	93.0 1600	71.7 1730	93.0 1600	71.7 1730	21.3	
CALV	% Aprobación Hora	64.8 700	69.5 830	71.9 1000	73.0 1130	72.9 1300	67.4 1430	73.4 1600	69.3 1730	73.4 1600	64.8 700	8.6	
ECDI	% Aprobación Hora	79.2 700	78.9 830	75.9 1000	79.3 1130	79.2 1300	81.4 1430	84.1 1600	81.2 1730	84.1 1600	75.9 1000	8.1	
PRBA	% Aprobación Hora	85.2 700	91.4 830	94.2 1000	96.8 1130	93.5 1300	91.4 1430	87.8 1600	93.6 1730	96.8 1130	85.2 700	11.7	
ESTI	% Aprobación Hora	No ⁷ 700	84.3 830	83.5 1000	89.8 1130	89.2 1300	92.7 1430	90.5 1600	93.2 1730	93.2 1730	83.5 1000	9.7	

Tabla 41 Porcentajes de Aprobación de cada Asignatura en su Respectiva Hora de clase. Semestres 2013-1 a 2018-1

Para Precálculo, por ejemplo, el mayor porcentaje de aprobación se da a las 830 horas con un 66.7% y el menor es a las 1730 horas con el 42,7%, el delta de % entre las horas con mayor y menor índice de aprobación es del 24%. Las cifras permiten concluir que se deben programar más grupos a las 830 y en lo posible recomendar que no se programen grupos de PREM a las 1730 horas.

Sin embargo, al revisar los resultados para Ecuaciones Diferenciales, la diferencia porcentual entre las 1600 horas, con un 84,1%, y las 1000, con un 75.9%, es apenas del 8.1%, razón por la cual, a pesar de que se puede recomendar programar una mayor cantidad de grupos a las 1600 horas y menor cantidad a las 1000 horas, con un delta tan pequeño no se puede llegar a la conclusión a priori, en el caso de Ecuaciones Diferenciales, de que la hora de la clase afecta el porcentaje de aprobación.

Dado que el resto de asignaturas se comporta muy similar a Ecuaciones Diferenciales, con un delta entre el máximo y el mínimo porcentaje de aprobación de menos del 10%, no se considera indispensable analizar asignatura por asignatura. En vez de eso y con el fin de revisar la influencia que pueda tener el

⁶ No se programaron cursos de CIED a las 1130 horas durante los once semestres.

⁷ No se programaron cursos de ESTI a las 700 horas durante los once semestres

índice de aprobación de cada profesor en el estudio que atañe a este trabajo, en las secciones siguientes se realizará el estudio por diagramas de Pareto y de barras excluyendo los profesores con mayores y menores porcentajes de aprobación en cada asignatura.

5.4 Estudio del Comportamiento Asignatura por Asignatura Suprimiendo los Registros de Profesores con Mayor y Menor Índice de Aprobación.

Dado que los resultados obtenidos en la Sección 5.3 no son concluyentes en lo referente al objeto de este estudio, y, teniendo en cuenta que la exigencia académica varía de profesor a profesor, se verificará estadísticamente para cada una de las asignaturas aquellos profesores cuyo índice de aprobación se sale de la distribución normal. Identificados los profesores, se procede a suprimir de la base de datos sus registros y se realizarán de nuevo las simulaciones. Inicialmente se verifica que el comportamiento de los datos tenga una distribución normal.

5.4.1 Pruebas de Normalidad de la Distribución de los Datos

Uno de los análisis estadísticos exploratorios de interés involucra el porcentaje de aprobación de la asignatura por profesor para comparar la aprobación de la franja horaria con todo el grupo de profesores y revisando si se hace necesario suprimir algunos registros detectados como atípicos. Se realiza una prueba de independencia chi-cuadrado planteando las hipótesis nula H_0 y alternativa H_1 :

H_0 : La variable aprobación de asignatura es independiente de la variable profesor

H_1 : La variable aprobación de asignatura no es independiente de la variable profesor

Al realizar las tablas de frecuencias observadas y esperadas y calcular el estadístico de prueba $X^2_{calculado}$, se obtienen los siguientes resultados:

$$X^2_{teórico} = 116.37, \quad X^2_{calculado} = 11545.99$$

Al aplicar la prueba con 143 grados de libertad y el 95% de confianza obtenemos que $X^2_{calculado} > +$, razón por la cual, se rechaza H_0 y se procede a hacer un análisis de normalidad de los datos por profesor en la variable aprobación de asignatura para decidir la validez de restringir los datos de las colas de la distribución de profesores.

Se realizan 6 pruebas no paramétricas de normalidad: Shapiro Wilk, Anderson Darling, Cramer-von Mises, Kolmogorov Simirnov, Pearson, Shapiro Francia planteando las hipótesis hipótesis nula H_0 y alternativa H_1 :

H_0 : Los datos se comportan bajo una distribución normal

H_1 : Los datos no se comportan bajo una distribución normal

Se realizan las pruebas con un nivel de significancia del 5% comparando con el p-valor arrojado por las pruebas de normalidad, cuyos resultados se pueden observar en la Tabla 42.

Prueba	p-valor
Shapiro Wilk	0.249
Anderson Darling	0.412
Cramer-von Mises	0.536
Kolmogorov Simirnov	0.702
Pearson	0.565
Shapiro Francia	0.331

Tabla 42. Resultados pruebas de normalidad profesor vs. porcentaje de aprobación

Como los p-valor son mayores a el nivel de significancia no se rechaza H_0 y se asume la normalidad en la distribución de los datos.

5.4.2 Metodología para Realizar el Análisis Suprimiendo Profesores de las Colas

A continuación, para cada una de las asignaturas se realizan los siguientes análisis:

1. Se simulan nuevamente, en el paquete QCC del software R, los diagramas de Pareto teniendo como variable de entrada los profesores a cambio de la hora de inicio de clase. Este análisis genera el porcentaje de aprobación de la asignatura para cada profesor durante los 11 semestres y lo entrega

ordenado de mayor a menor. Las tablas resultado reposan para su consulta ANEXO 1.

2. Con los datos obtenidos en el ítem anterior, se realizan los cálculos estadísticos de la media y la desviación estándar, en primera instancia para verificar su distribución normal y luego se calcula el valor de Z para estandarizar la muestra.
3. Al tener los datos estandarizados, se eligen los profesores (con mayor y menor porcentaje de aprobación) que se retirarán de la muestra respetando la misma cantidad de desviaciones estándar a lado y lado de la gráfica
4. De acuerdo con la distribución de los datos, se decide quitar aquellos profesores cuyos porcentajes de aprobación están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, este intervalo se fija para conservar la simetría en la distribución normal y con el fin de trabajar con el mayor porcentaje de datos posible, al revisar los gráficos de la distribución normal estandarizada se evidencia que los datos marcados como atípicos para la investigación se encuentran por fuera del intervalo elegido. Para cada una de las asignaturas se realizará el mismo procedimiento.
5. Con la nueva muestra se obtienen la nueva media y desviación estándar, y se confirma que aun los datos conserven la distribución normal.
6. Después de verificada la nueva muestra, se lleva al paquete QCC en software R y se recalculan los resultados que arroja el diagrama de Pareto con variable de entrada (nuevamente) la hora de inicio de clase, ahora sin tener en cuenta los profesores cuyos porcentajes de aprobación se encuentran ubicados en las colas del diagrama de distribución normal.

Los datos obtenidos y el análisis que ello conlleva se explican en las siguientes subsecciones del trabajo. Solamente se incluirán en el cuerpo del trabajo los datos y los gráficos más relevantes, ya que el resto de la información se encuentra reposando en el ANEXO 1 y en el ANEXO 2.

5.4.3 Álgebra Lineal

Los cálculos de los valores estadísticos para Álgebra Lineal se muestran en la Tabla 43. Al suprimir los profesores que están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, se tendrán en cuenta, para el nuevo análisis de Pareto, aquellos cuyos índices de aprobación se encuentren entre el 45.8% y el 88%.

Álgebra Lineal - % de Aprobación por Profesor

	Media μ	Desviación estándar σ	Zmín	Zmáx
Todos los profesores	66.9	14.1	-2.39	1.84
Sin los profesores de las colas	67.9	10.6	-2.02	1.85

Tabla 43 Álgebra Lineal - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor

La base de datos depurada de álgebra lineal contaba con 20202 registros, al suprimir los registros de los profesores anteriormente mencionados, la nueva base de datos contiene 16179 registros, los cuales se introducen en el software R obteniendo el diagrama final de barras que se ilustra en Gráfico 47. Así mismo se realiza una comparación entre los resultados de antes y después de suprimir los registros de los profesores (Ver Gráfico 48).

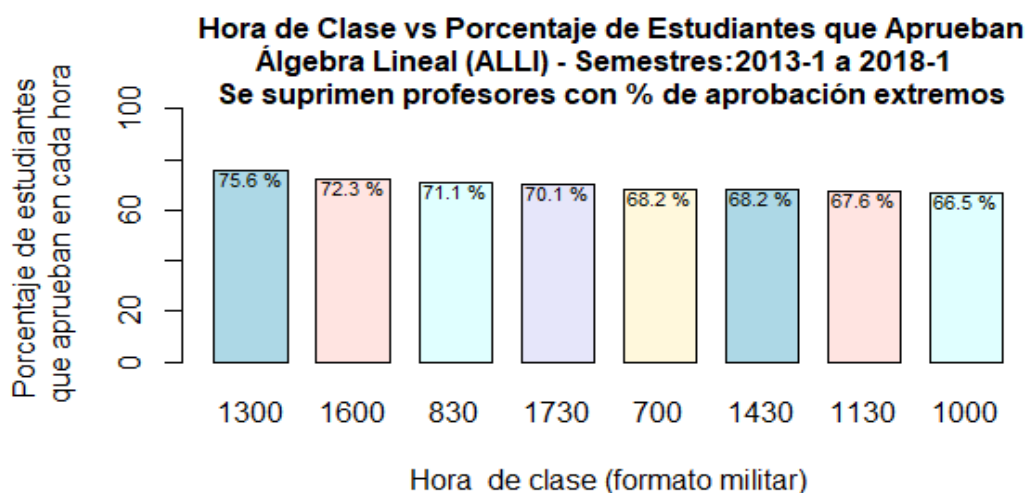


Gráfico 47 Álgebra Lineal. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1

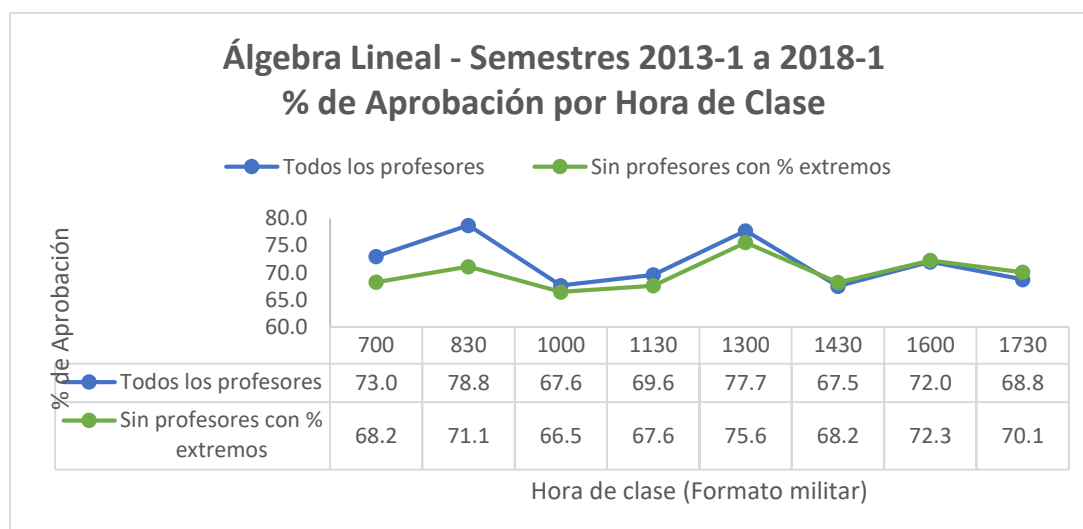


Gráfico 48 Álgebra Lineal. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1

5.4.4 Cálculo Diferencial

Los cálculos de los valores estadísticos para Cálculo Diferencial se muestran en la Tabla 44. Al suprimir los profesores que están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, se tendrán en cuenta, para el nuevo análisis de Pareto, aquellos cuyos índices de aprobación se encuentren entre el 47.6% y el 91.5%.

Cálculo Diferencial - % de Aprobación por Profesor

	Media	Desviación estándar	Zmín	Zmáx
Todos los profesores	69.6	14.6	-2.97	2.08
Sin los profesores de las colas	71.4	10.2	-1.77	1.91

Tabla 44 Cálculo Diferencial - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor

La base de datos depurada de Cálculo Diferencial contaba con 26764 registros, al suprimir los registros de los profesores anteriormente mencionados, la nueva base de datos contiene 23780 registros, los cuales se introducen en el software R obteniendo el diagrama final de barras que se muestra en el Gráfico 49. . Así mismo se realiza una comparación entre los resultados de antes y después de suprimir los registros de los profesores (Ver Gráfico 50).

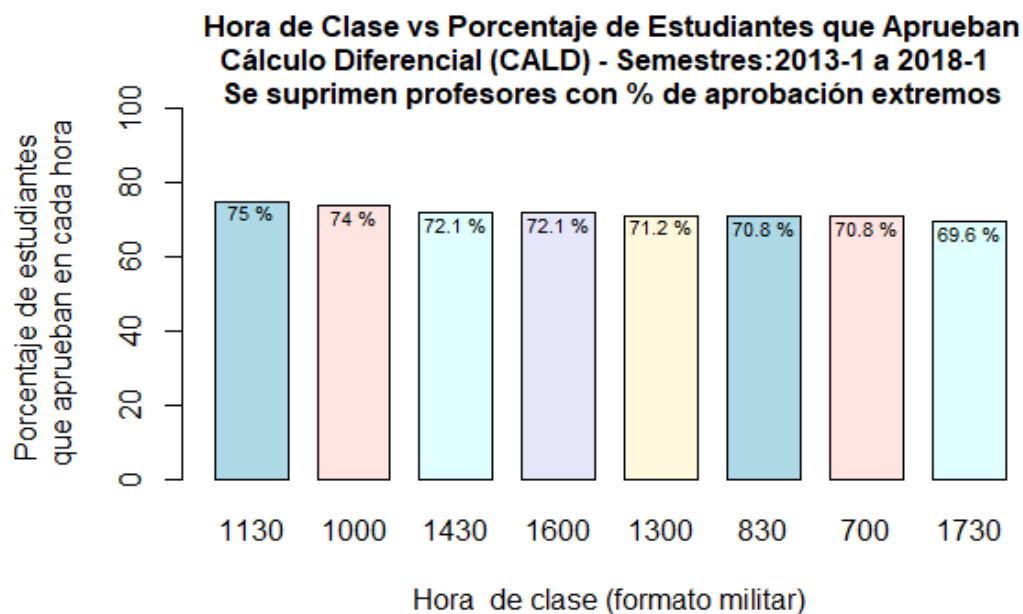


Gráfico 49 Cálculo Diferencial. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1

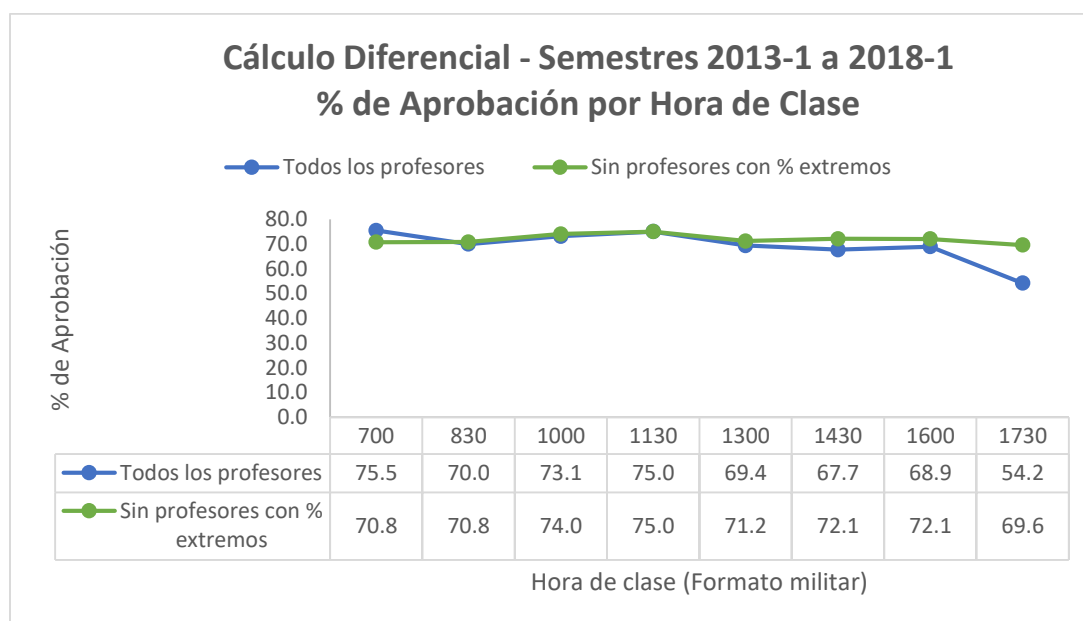


Gráfico 50 Cálculo Diferencial. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1

5.4.5 Precálculo

Los cálculos de los valores estadísticos para Precálculo se muestran en la Tabla 45. Al suprimir los profesores que están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, se tendrán en cuenta, para el nuevo análisis de Pareto, aquellos cuyos índices de aprobación se encuentren entre el 42.2% y el 87.2%.

Precálculo - % de Aprobación por Profesor

	Media	Desviación estándar	Zmín	Zmáx
Todos los profesores	64.7	15.0	-2.10	2.36
Sin los profesores de las colas	65.1	10.9	-1.96	1.78

Tabla 45 Precálculo - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor

La base de datos depurada de Precálculo contaba con 28832 registros, al suprimir los registros de los profesores anteriormente mencionados, la nueva base de datos contiene 26844 registros, los cuales se introducen en el software R obteniendo el diagrama final de barras que se muestra en el Gráfico 51 Precálculo -. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1 Gráfico 51. . Así mismo se realiza una comparación entre los resultados de antes y después de suprimir los registros de los profesores (Ver Gráfico 52).

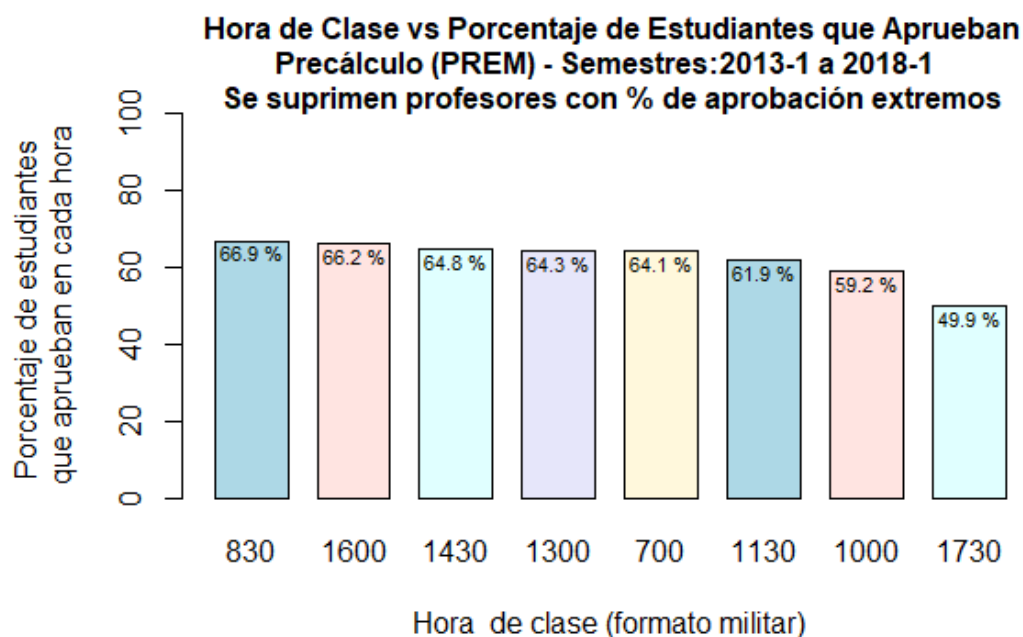


Gráfico 51 Precálculo -. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1

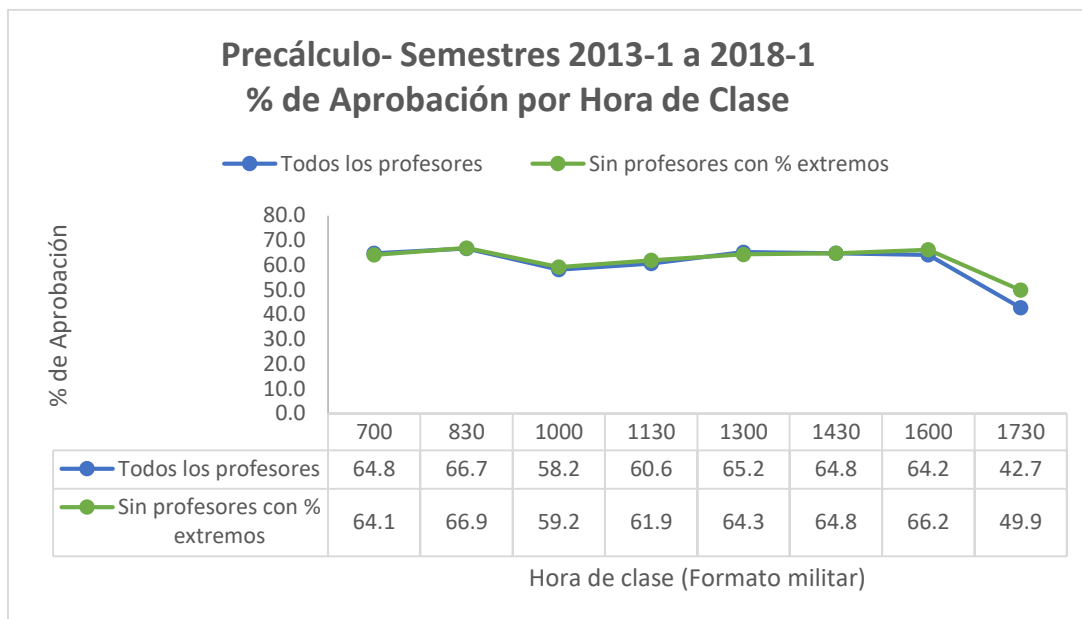


Gráfico 52 Precálculo -. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1

5.4.6 Análisis Geométrico

Los cálculos de los valores estadísticos para la asignatura análisis geométrico se muestran en la Tabla 46. Al suprimir los profesores que están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, se tendrán en cuenta aquellos cuyos índices de aprobación se encuentren entre el 50.2% y el 88.4%.

Análisis Geométrico - % de Aprobación por Profesor

	Media	Desviación estándar	Zmín	Zmáx
Todos los profesores	69.4	12.7	-2.69	2.11
Sin los profesores de las colas	69.0	8.9	-1.76	1.59

Tabla 46 Análisis Geométrico - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor

La base de datos depurada de Análisis Geométrico contaba con 29172 registros, al suprimir los registros de los profesores anteriormente mencionados, la nueva base de datos contiene 26796 registros, los cuales se introducen en el software R obteniendo el diagrama final de barras que se muestra en el Gráfico 53. Así mismo se realiza una comparación entre los resultados de antes y después de suprimir los registros de los profesores (Ver Gráfico 54).

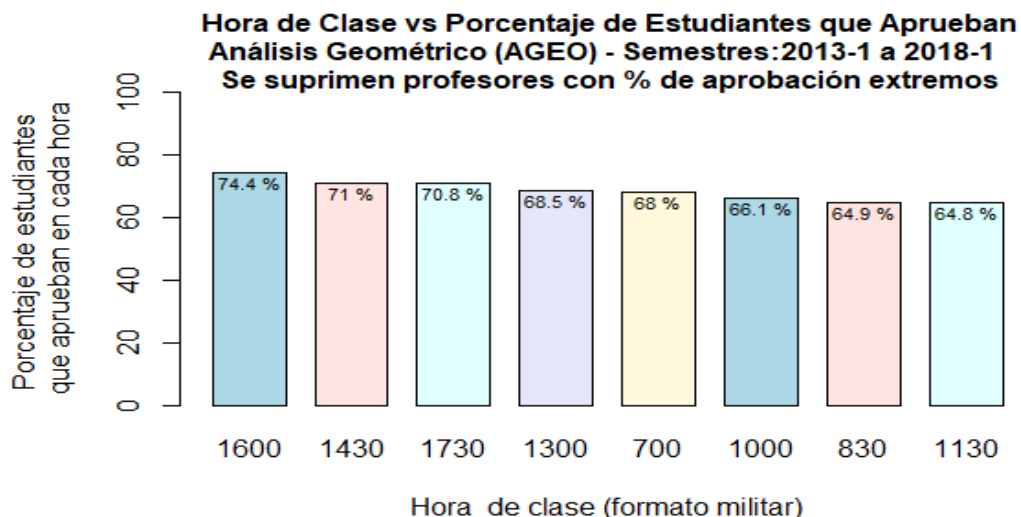


Gráfico 53 Análisis Geométrico. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1

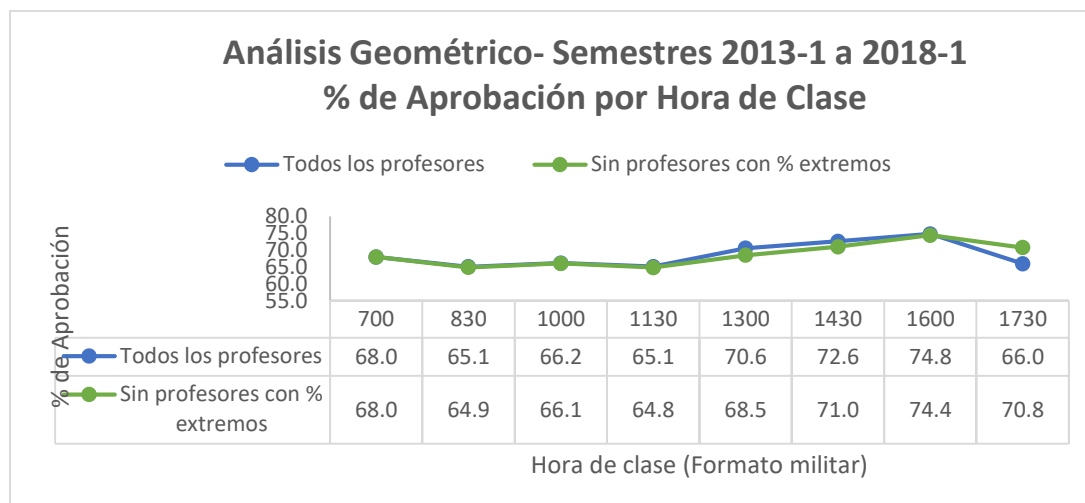


Gráfico 54 Análisis Geométrico. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1

5.4.7 Cálculo Integral

Los cálculos de los valores estadísticos para la asignatura Cálculo Integral se muestran en la Tabla 47. Al suprimir los profesores que están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, se tendrán en cuenta, para el nuevo análisis de Pareto, aquellos cuyos índices de aprobación se encuentren entre el 60.7% y el 93.3%.

Cálculo Integral - % de Aprobación por Profesor

	Media	Desviación estándar	Zmín	Zmáx
Todos los profesores	77.0	10.9	-3.32	2.12
Sin los profesores de las colas	76.6	6.1	-1.81	1.71

Tabla 47 Cálculo Integral - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor

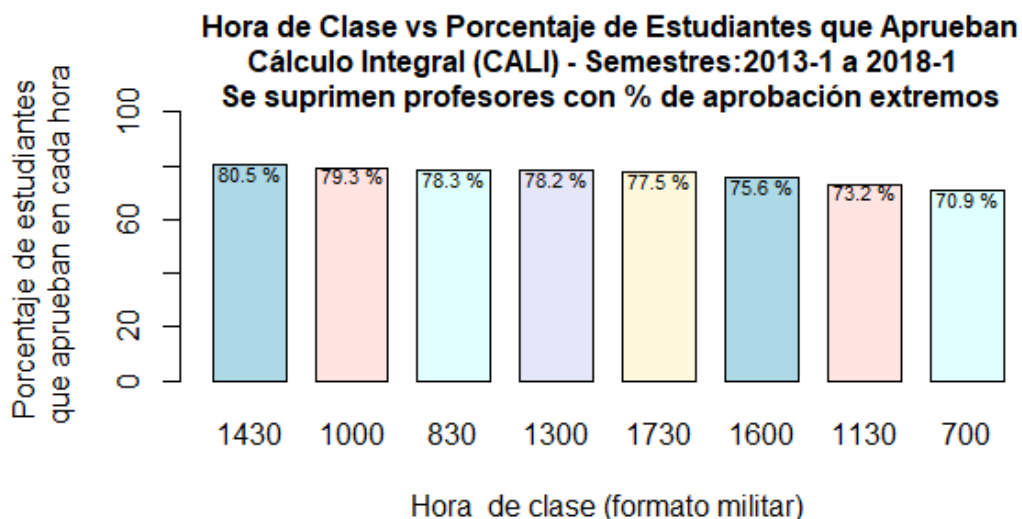


Gráfico 55 Cálculo Integral. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1

profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1

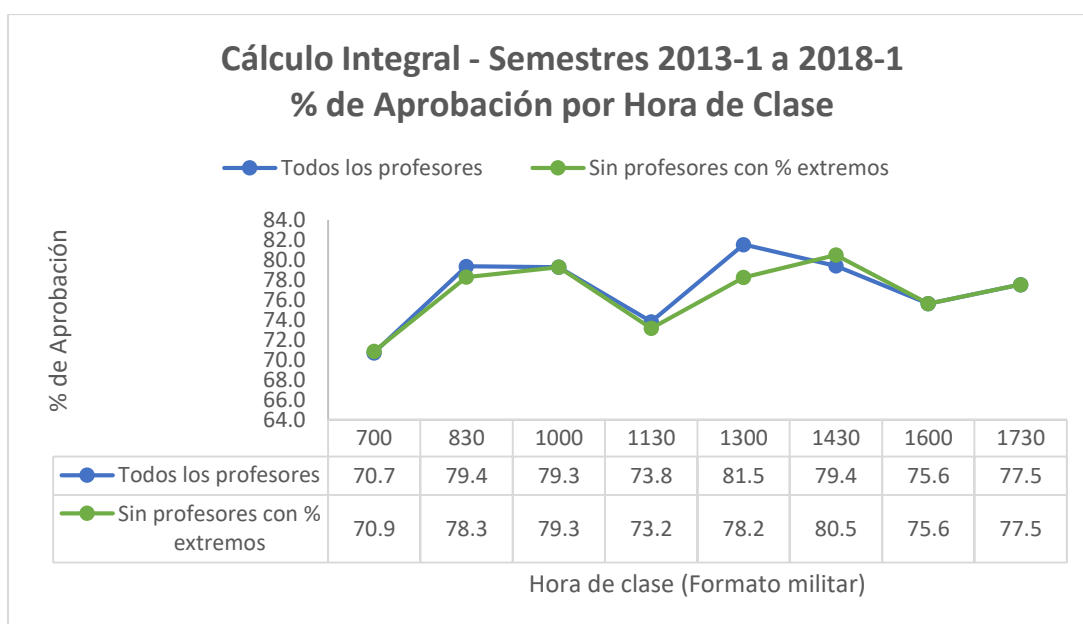


Gráfico 56 Cálculo Integral. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los

La base de datos depurada de Cálculo Integral contaba con 20040 registros, al suprimir los registros de los profesores anteriormente mencionados, la nueva base de datos contiene 19116 registros, los cuales se introducen en el software R obteniendo el diagrama final de barras que se muestra en el Gráfico 55. Así mismo se realiza una comparación entre los resultados de antes y después de suprimir los registros de los profesores (Ver Gráfico 56).

5.4.8 Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales

Para la asignatura Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales, al verificar los profesores que están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, no es necesario suprimir ninguno, ya que todos los profesores que dictaron la asignatura se encuentran dentro del intervalo. Por esta razón, no se realiza el estudio para esta asignatura nuevamente.

5.4.9 Cálculo Vectorial

Los cálculos de los valores estadísticos para la asignatura Cálculo Vectorial se muestran en la Tabla 48. Al suprimir los profesores que están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, se tendrán en cuenta, para el nuevo análisis de Pareto, aquellos cuyos índices de aprobación se encuentren entre el 45.2% y el 89.6%.

Cálculo Vectorial - % de Aprobación por Profesor

	Media	Desviación estándar	Zmín	Zmáx
Todos los profesores	67.4	14.8	-2.19	1.66
Sin los profesores de las colas	67.8	11.8	-1.67	1.67

Tabla 48 Cálculo Vectorial - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor

La base de datos depurada de Cálculo Vectorial contaba con 18180 registros, al suprimir los registros de los profesores anteriormente mencionados, la nueva base de datos contiene 16152 registros, los cuales se introducen en el software R obteniendo el diagrama final de barras que se muestra en el Gráfico 57. Así mismo se realiza una comparación entre los resultados de antes y después de suprimir los registros de los profesores (Ver Gráfico 58Gráfico 51 Precálculo -.

Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1).

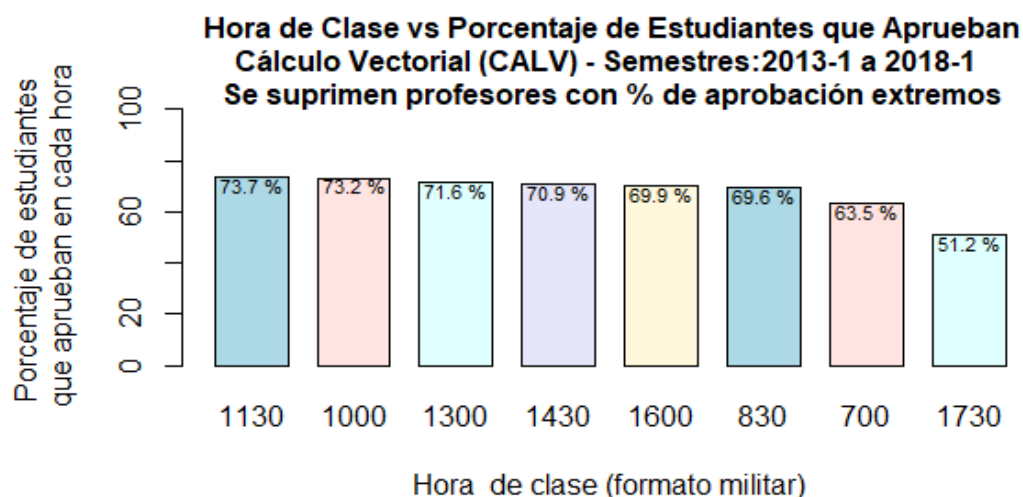


Gráfico 57 Cálculo Vectorial. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1

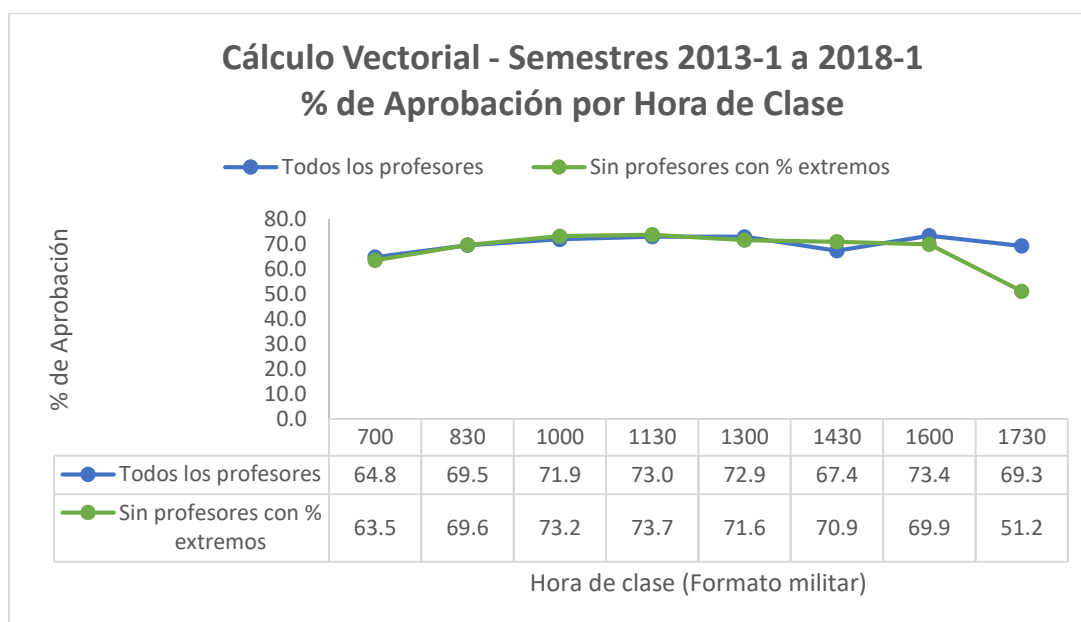


Gráfico 58 Cálculo Vectorial. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1

5.4.10 Ecuaciones Diferenciales

Los cálculos de los valores estadísticos para la asignatura Ecuaciones Diferenciales se muestran en la Tabla 49. Al suprimir los profesores que están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, se tendrán en cuenta, para el nuevo

análisis de Pareto, aquellos cuyos índices de aprobación se encuentren entre el 63.4% y el 94.7%.

Ecuaciones Diferenciales - % de Aprobación por Profesor

	Media	Desviación estándar	Zmín	Zmáx
Todos los profesores	79.1	10.5	-1.99	2.00
Sin los profesores de las colas	78.3	6.9	-2.07	1.79

Tabla 49 Ecuaciones Diferenciales - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor

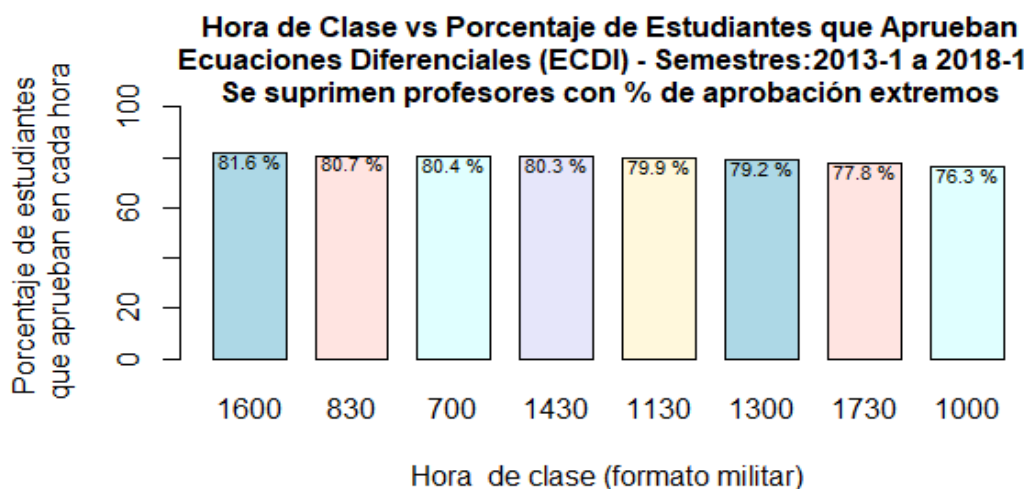


Gráfico 59 Ecuaciones Diferenciales. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1

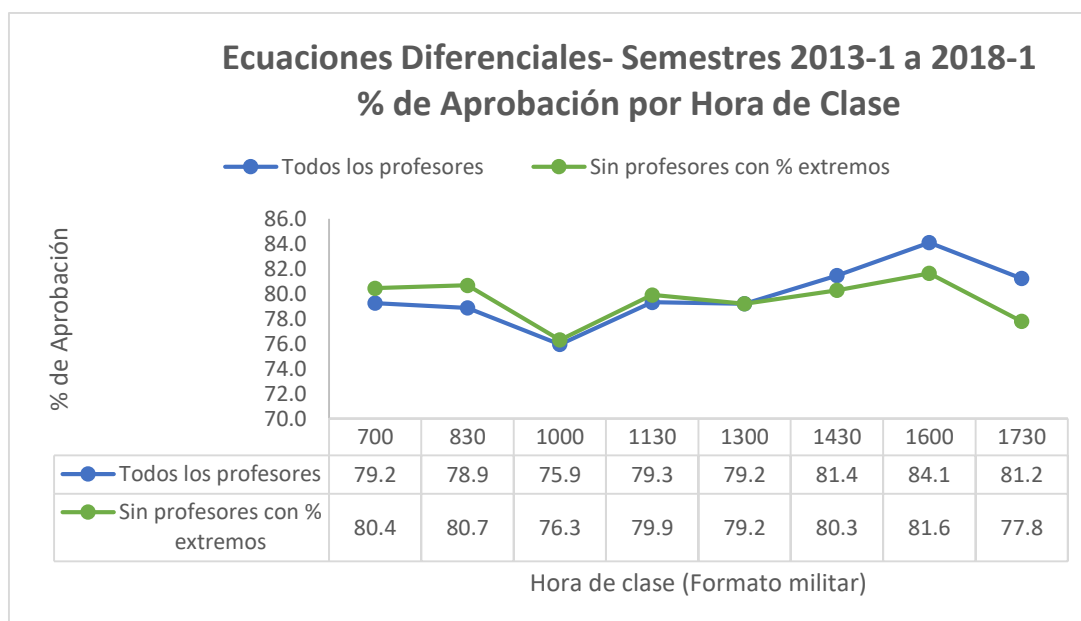


Gráfico 60 Ecuaciones Diferenciales. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1

La base de datos depurada de Ecuaciones Diferenciales contaba con 11205 registros, al suprimir los registros de los profesores anteriormente mencionados, la nueva base de datos contiene 10380 registros, los cuales se introducen en el software R obteniendo el diagrama final de barras que se muestra en el Gráfico 59. Así mismo se realiza una comparación entre los resultados obtenidos antes y después de suprimir los registros de los profesores (Ver Gráfico 60)

5.4.11 Probabilidad

Los cálculos de los valores estadísticos para la asignatura Probabilidad se muestran en la Tabla 50. Al suprimir los profesores que están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, se tendrán en cuenta, para el nuevo análisis de Pareto, aquellos cuyos índices de aprobación se encuentren entre el 80.4% y el 99.2%.

Probabilidad - % de Aprobación por Profesor

	Media	Desviación estándar	Zmín	Zmáx
Todos los profesores	88.3	9.4	-3.02	0.92
Sin los profesores de las colas	90.2	5.7	-1.77	1.17

Tabla 50 Probabilidad - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor

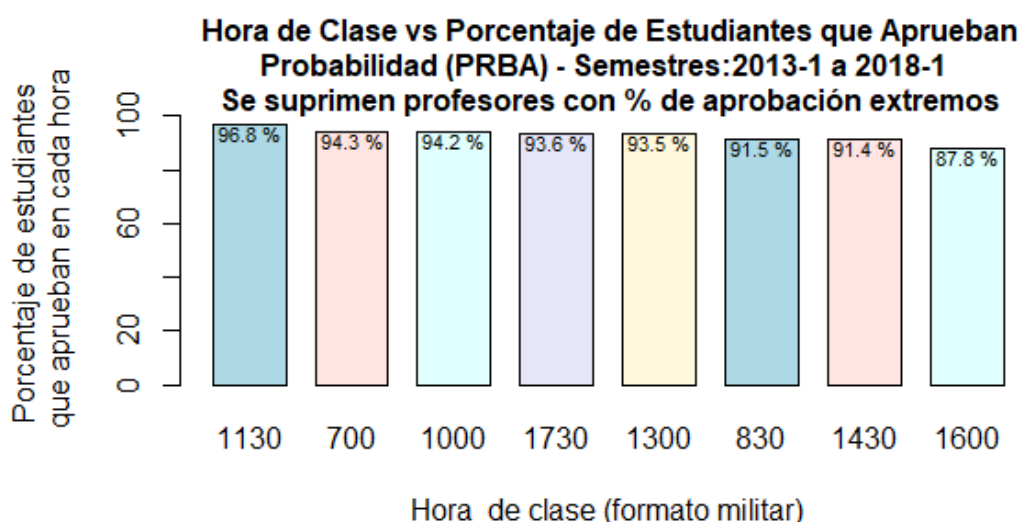


Gráfico 61 Probabilidad. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1

La base de datos depurada de Probabilidad contaba con 10200 registros, al suprimir los registros de los profesores, la nueva base de datos contiene 10095 registros, los cuales se introducen en el software R obteniendo el diagrama final de barras que se muestra en el Gráfico 61. Así mismo se realiza una comparación entre los resultados de antes y después de suprimir los registros de los profesores (Ver Gráfico 62 Gráfico 51 Precálculo -. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1).

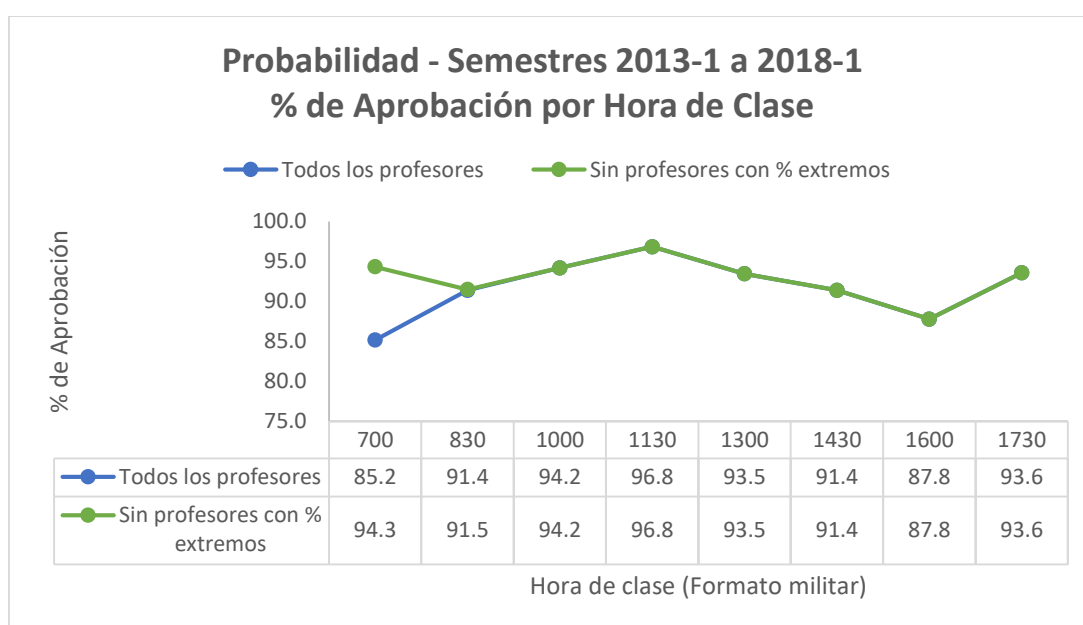


Gráfico 62 Probabilidad. Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1

5.4.12 Estadística

Los cálculos de los valores estadísticos para la asignatura Estadística se muestran en la Tabla 51. Al suprimir los profesores que están por fuera del intervalo $(-1.5\sigma + \mu, \mu + 1.5\sigma)$, se tendrán en cuenta aquellos cuyos índices de aprobación se encuentren entre el 84.4% y 99.8%.

Estadística - % de Aprobación por Profesor

	Media	Desviación estándar	Zmín	Zmáx
Todos los profesores	90.6	7.7	-2.03	1.23
Sin los profesores de las colas	89.4	5.5	-1.15	1.58

Tabla 51 Estadística - Cálculos estadísticos % de Aprobación por Profesor

La base de datos depurada de Estadística contaba con 6568 registros, al suprimir los registros de los profesores anteriormente mencionados, la nueva base de datos contiene 6350 registros, los cuales se introducen en el software R obteniendo el diagrama final de barras que se muestra en el Gráfico 63. Así mismo se realiza una comparación entre los resultados de antes y después de suprimir los registros de los profesores (Ver Gráfico 64 Gráfico 51 Precálculo - Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1).

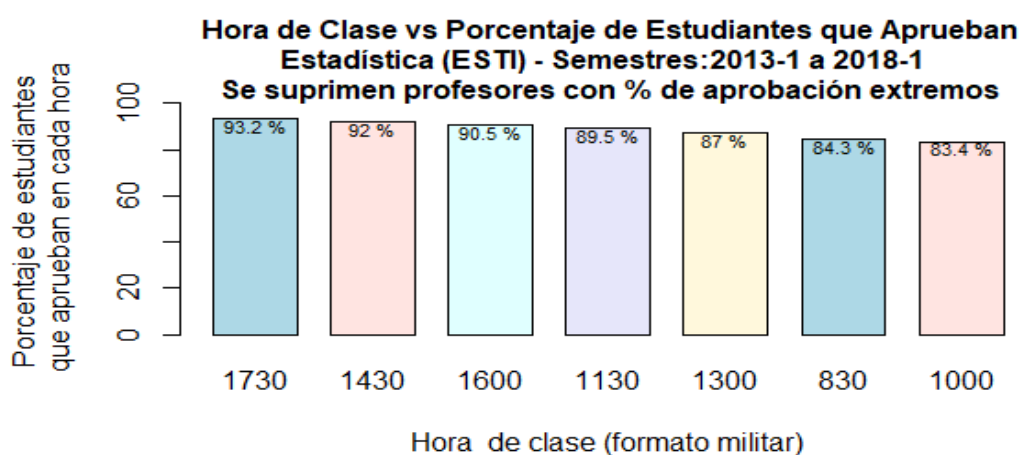


Gráfico 63 Estadística. Diagrama de Barras de Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban (se suprimen los profesores con % de aprobación de los extremos). Semestres 2013-1 a 2018-1

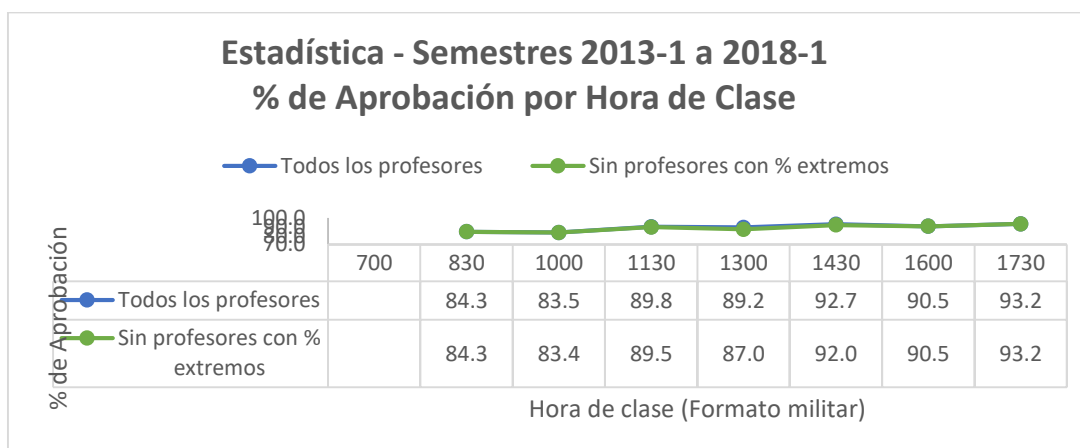


Gráfico 64 Estadística - Comparación entre porcentajes de aprobación por hora de clase con todos los profesores, y, excluyendo los profesores con % extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1

5.5 Hallazgos e Interpretación de Resultados

En las secciones 5.1 y 5.2 se realizó el análisis utilizando diagramas de Pareto tomando como variable de entrada la hora de inicio de la clase y como variable de salida, la más relevante, el porcentaje de aprobación de la asignatura. Se analizaron los datos tanto de forma global como asignatura por asignatura incluyendo para tal efecto los registros de los estudiantes activos al finalizar el semestre. Por cada uno de los estudiantes hay tantos registros como número de sesiones semanales tenga la asignatura en la que esté inscrito. Las diferencias encontradas en el porcentaje de aprobación dependiendo la hora de la clase no fueron contundentes para concluir algún tipo de comportamiento de las variables estudiadas que permita responder a la pregunta de investigación. Por esta razón, se realizaron nuevos estudios con el fin de minimizar la posible influencia de los profesores con muy altos y muy bajos porcentajes de aprobación.

Con el fin de revisar que los datos tuviesen un comportamiento normal y para ayudar en la toma de la decisión de cuáles profesores se debían retirar de la muestra, se aplicaron pruebas estadísticas que soportan esta tarea. Los gráficos estadísticos reposan en el ANEXO 1.

En la Tabla 52 se resume la información obtenida al simular los diagramas de Pareto en el software R, teniendo en cuenta tanto a todos los profesores, datos encontrados en la sección 5.2, como al grupo de profesores restringido cuyos datos y gráficos aparecen en la sección 5.3. Entre los hallazgos más importantes se encuentran los siguientes.

1. En el caso de Precálculo, el delta entre el máximo y el mínimo índice de aprobación disminuye del 24% al 17%, el cual es un porcentaje considerable dado que el máximo es del 66.9%. Dado que los siete puntos que disminuyó el delta justo se localizan a las 1730 horas, se puede deducir que, entre los profesores, con menor índice de aprobación de la asignatura, que se retiraron de la muestra se encuentran dictando la asignatura a las 1730 horas. Aun así, como el delta sigue estando por encima del 10%, se recomienda no programar clases de Precálculo a 1730 horas.

2. Con respecto a la asignatura Análisis Geométrico, La muestra restringida no presenta mayores cambios en los porcentajes de aprobación máximo, mínimo y el delta, tan solo una o dos décimas. Analizando cada una de las franjas horarias, hay una variación de cuatro puntos a las 1730 horas y de dos puntos a las 1300 horas. Dado que el delta es menor al 10%, se considera que no hay evidencia de influencia de la hora de clase en el índice de aprobación. Se puede recomendar programar mayor cantidad de grupos a las 1600 y menos a las 1130 horas.
3. Para Cálculo Diferencial, se encuentra un fenómeno interesante debido a que al restringir la muestra el delta disminuye alrededor de diez y seis puntos. En el Gráfico 50, se observa la comparación entre los resultados obtenidos con ambas muestras, y se puede percibir que la línea de la muestra restringida es casi horizontal, con lo cual se manifiesta gráficamente que la variación entre hora y hora de clase es mínima. Definitivamente al restringir los profesores, la clase de las 1730 horas presenta una variación digna de atención. A pesar de que los valores se tratan de estandarizar con los de las otras horas, la alta variación hace que se recomiende mantener el monitoreo de la asignatura a las 1730 horas para futuros semestres.
4. En cuanto a Álgebra Lineal, al analizar los datos comparativos de la Tabla 52 y del Gráfico 48, se identifica que las muestras generan diferente orden de las horas; en la muestra con todos los profesores, la hora de mayor índice de aprobación es las 830 y la de menor índice es las 1430 horas. En cambio, al restringir los profesores, la hora de mayor índice de aprobación es las 1300 y la de menor las 1000 horas. El delta entre el máximo y el mínimo disminuye aproximadamente 2% situándose por debajo del 10%.

Las anteriores cuatro asignaturas, son las que los estudiantes cursan en primer año de universidad, y son las que presentan mayor volatilidad. Esto se puede deber a que los estudiantes están adaptándose al medio universitario y muchos de ellos estas de paso porque no continúan con la carrera elegida o se van a otras universidades. Por lo mismo, son asignaturas a las que hay que tener con especial monitoreo y cualquier medida que se tome con ellas puede disminuir o aumentar la retención de estudiantes en la universidad.

Comparativo % de Aprobación por Asignatura: Datos incluyendo a todos los Profesores y Datos suprimiendo los Profesores con % de Aprobación Extremos Semestres 2013-1 a 2018-1										Mayor (%)	Menor (%)	Delta de %
PREM	% Todos los Profesores	64.8	66.7	58.2	60.6	65.2	64.8	64.2	42.7	66.7	42.7	24.0
	% Sin Profesores Extremos	64.1	66.9	59.2	61.9	64.3	64.8	66.2	49.9	66.9	49.9	17.0
	Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730			
AGEO	% Todos los Profesores	68.0	65.1	66.2	65.1	70.6	72.6	74.8	66.0	74.8	65.1	9.7
	% Sin Profesores Extremos	68.0	64.9	66.1	64.8	68.5	71.0	74.4	70.8	74.4	64.8	9.6
	Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730			
CALD	% Todos los Profesores	75.5	70.0	73.1	75.0	69.4	67.7	68.9	54.2	75.5	54.2	21.3
	% Sin Profesores Extremos	70.8	70.8	74.0	75.0	71.2	72.1	72.1	69.6	75.0	69.6	5.4
	Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730			
ALLI	% Todos los Profesores	73.0	78.8	67.6	69.6	77.7	67.5	72.0	68.8	78.8	67.5	11.2
	% Sin Profesores Extremos	68.2	71.1	66.5	67.6	75.6	68.2	72.3	70.1	75.6	66.5	9.1
	Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730			
CALI	% Todos los Profesores	70.7	79.4	79.3	73.8	81.5	79.4	75.6	77.5	81.5	70.7	10.8
	% Sin Profesores Extremos	70.9	78.3	79.3	73.2	78.2	80.5	75.6	77.5	80.5	70.9	9.6
	Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730			
CALV	% Todos los Profesores	64.8	69.5	71.9	73.0	72.9	67.4	73.4	69.3	73.4	64.8	8.6
	% Sin Profesores Extremos	63.5	69.6	73.2	73.7	71.6	70.9	69.9	51.2	73.7	51.2	22.6
	Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730			
ECDI	% Todos los Profesores	79.2	78.9	75.9	79.3	79.2	81.4	84.1	81.2	84.1	75.9	8.1
	% Sin Profesores Extremos	80.4	80.7	76.3	79.9	79.2	80.3	81.6	77.8	81.6	76.3	5.3
	Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730			
PRBA	% Todos los Profesores	85.2	91.4	94.2	96.8	93.5	91.4	87.8	93.6	96.8	85.2	11.7
	% Sin Profesores Extremos	94.3	91.5	94.2	96.8	93.5	91.4	87.8	93.6	96.8	87.8	9.0
	Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730			
ESTI	% Todos los Profesores	No	84.3	83.5	89.8	89.2	92.7	90.5	93.2	93.2	83.5	9.7
	% Sin Profesores Extremos	No	84.3	83.4	89.5	87.0	92.0	90.5	93.2	93.2	83.4	9.8
	Hora	700	830	1000	1130	1300	1430	1600	1730			

Tabla 52 Comparativo % de Aprobación por Asignatura: Datos incluyendo a todos los Profesores y Datos suprimiendo los Profesores con % de Aprobación Extremos. Semestres 2013-1 a 2018-1

5. Para la asignatura Cálculo Integral, el delta de porcentajes disminuye un punto quedando por debajo del 10% y al observar el Gráfico 56, es recomendable que se programen la menor cantidad de grupos a las 700 y a las 1130 horas ya que son las horas con menor índice de aprobación de la asignatura.
6. El caso de Cálculo Vectorial es extraño ya que es la única asignatura que, al correr el software con la base de datos restringida, aumenta el delta en 14 puntos, quedando en 22.6% con los profesores restringidos. La hora en la que se presenta un cambio abrupto es las 1730 pasando de 69.3% a 51.2%. Este cambio evidencia que los profesores de porcentaje de aprobación alto cuyos registros se suprimieron estaban dictando la asignatura a esa hora y que al retirarlos de la muestra el porcentaje de aprobación a esa hora está por debajo de la media en 16.6%.
7. Para las asignaturas de Ecuaciones Diferenciales, Probabilidad y Estadística las medias son 78,3%, 90,2% y 89,4% respectivamente. Son considerablemente más altas que las medias de las asignaturas de primer año, posiblemente por ser las asignaturas de matemáticas que los estudiantes cursan en quinto y sexto semestre de sus carreras y ya están más maduros en su proceso universitario. Al revisar la hora de clase versus los índices de aprobación, no se evidencian cambios alarmantes respecto a las medias. Por lo tanto, no hay recomendaciones de programación en horas específicas, sin embargo, es recomendable continuar monitoreándolas semestralmente. Un dato curioso es que en los once semestres no se programó ningún curso de Estadística a las 700 horas.
8. En lo referente a Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales, no se realizó análisis adicional debido a que la muestra no tiene una distribución normal, como se explicó en la sección 5.4.8.

5.6 Nuevo Módulo: Parametrizar los Horarios de las Asignaturas

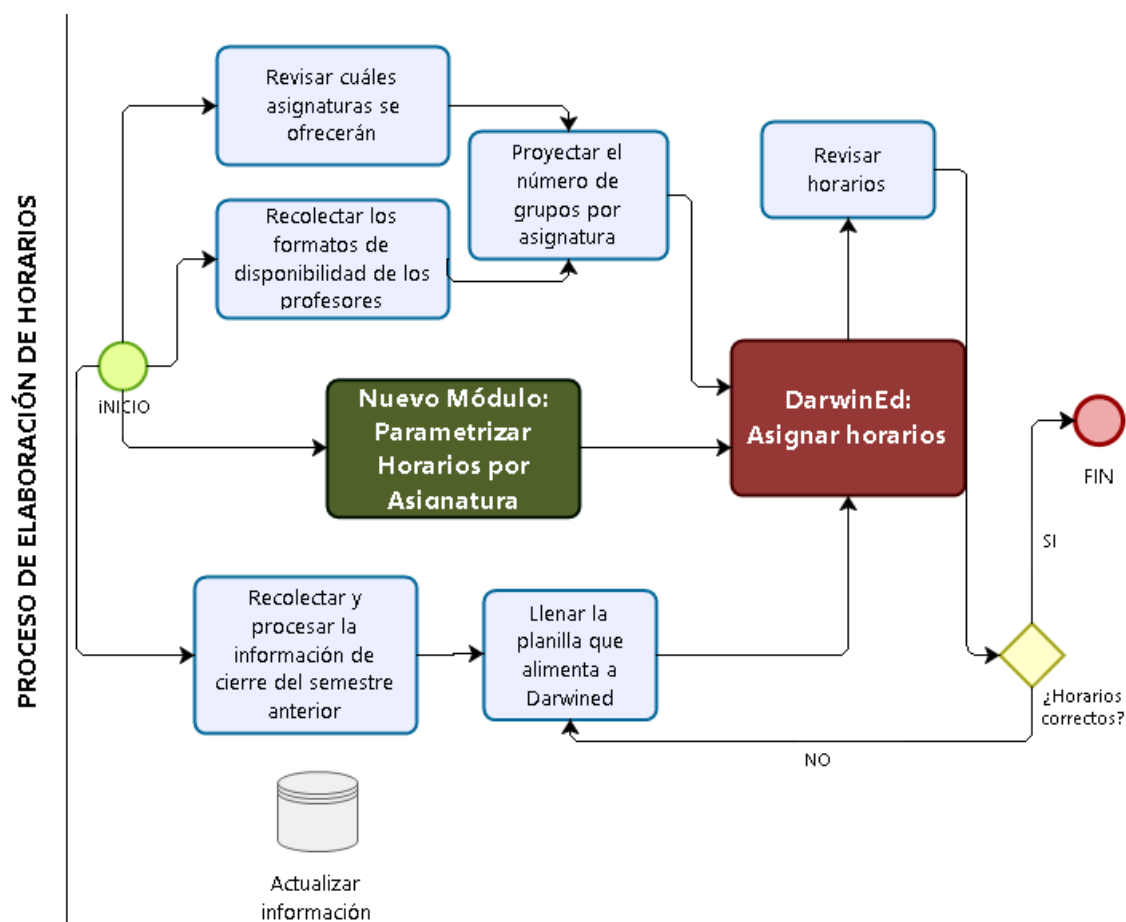


Gráfico 65 Diagrama del Proceso Propuesto para la Elaboración de Horarios del Departamento de Matemáticas

Finalmente, se sugiere que a partir del análisis realizado en este trabajo, se implemente un nuevo módulo (Ver Gráfico 65) en el proceso de elaboración de los horarios del Departamento de Matemáticas, el cual semestralmente monitoree los índices de aprobación de las asignaturas por hora de clase y por medio del cual se parametricen los horarios en los que se ofrece cada asignatura de matemáticas.

Los datos que alimentarían el módulo semestralmente serían los consignados en la base de datos que serán suministrados por la oficina de Registro (base idéntica a la utilizada en esta tesis, actualizada semestralmente), dentro del módulo se correrían los análisis propuestos en esta tesis para evaluar los comportamientos de aprobación por franja (este desarrollo quedará a cargo del

proveedor del software) y en común acuerdo con los directivos del departamento se fijarán los porcentajes de aprobación aceptables para decidir o no dar apertura a grupos de asignaturas en una franja determinada. En el módulo se deben restringir los horarios que resulten del análisis anterior para las asignaturas dadas, y como salida se obtendrán las franjas en las que se permitirán dictar las asignaturas para la elaboración de horarios.

En caso de no implementar el módulo propuesto, se mantendría el esquema actual de la elaboración de horarios asumiendo que la franja horaria no incide en la aprobación de la asignatura, y que dados los resultados obtenidos en esta investigación no es totalmente cierto ya que existen algunas relaciones de las variables en asignaturas de importante interés para el departamento como por ejemplo las de primer año.

La implementación del módulo redundará en una mayor retención de los estudiantes en las asignaturas y por ende una posible disminución de la deserción, caso favorable en términos económicos para la universidad a mediano plazo.

6 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Finalizado este trabajo de grado, en el cual se analizó de forma integral el modelo de horarios del Departamento de Matemáticas y se evaluaron diferentes aspectos, iniciando con un enfoque de arquitectura empresarial, para posteriormente enfocarse en el modelo de arquitectura de datos y profundizar en el análisis de variables que produzcan incidencia en aspectos puntuales de la generación de los horarios, finalmente se focalizó en determinar si el horario de una asignatura del Departamento de Matemáticas tiene incidencia en su índice de aprobación. .

Como conclusión general no se identifica una incidencia de la franja horaria de clases en el índice de aprobación de una asignatura, sin embargo, se identifican materias puntuales en las cuales si se observa una incidencia directa de algunos de los horarios de clase.

El primer análisis se realizó al proceso de generación de horarios, en este punto se identificó que para realizar las proyecciones se contaba con un proceso manual apoyado con Excel, factor que hace compleja la generación de los horarios, y depende mucho de la experiencia y conocimiento de la persona que realiza el proceso. Ante esto se analizaron los aspectos que permiten organizar y definir los horarios. Estas variables son la base del análisis de este trabajo de grado. Aquí se concluye que se debe generar un modelo más dinámico, que permita proyectar los cursos y grupos a programar teniendo en cuenta variables como la proyección de los resultados de los periodos intersemestrales, la proyección de aprobación y perdidas por asignatura en periodos normales, la cantidad de estudiantes nuevos que ingresan a la Escuela. entre otros.

Al realizar el modelo de la generación de horarios se identificaron múltiples variables, lineamientos y aspectos clave para replantear un modelo que permita optimizar este proceso de generación de horarios. Al plantear el modelo surgen preguntas no contempladas en el proceso actual, entre estas preguntas que surgen en la investigación está el cómo la franja horaria puede afectar el resultado final de una materia, aumentando o disminuyendo su índice de aprobación.

Con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación y a los objetivos planteados, se utiliza un análisis estadístico e inteligencia de negocios para hacer procesamiento de datos y análisis de estos. A partir de esto se maduró el modelo de los horarios, con el objetivo de evaluar el impacto de la franja horaria.

El modelo se ejecutó para todas las materias obligatorias ofrecidas por el Departamento de Matemáticas, inicialmente de manera global y posteriormente por asignatura por asignatura. Para el modelo global, se identificó un margen menor al 10% en índice de aprobación.

Al analizar cada asignatura por separado, se encontró que para materias como precálculo y cálculo diferencial se identificaron brechas del más del 10%, lo que bajo este modelo indica que la franja horaria si incide en el índice de aprobación. La franja horaria de menor índice de aprobación es la de las 1730 horas, por lo cual se recomienda al Departamento ofrecer la menor cantidad de cursos o grupos de precálculo y cálculo diferencial en el horario mencionado.

Sobre estos resultados se generan las recomendaciones al Departamento de Matemáticas y al nuevo software de generación de horarios (DarwinEd), para incluir en las restricciones de los horarios, el limitar o evitar las franjas horarias que se identificaron para las materias de precálculo y cálculo diferencial.

También se recomienda generar este análisis todos los semestres, para aumentar el volumen de datos del análisis e identificar variaciones en el tiempo en las franjas horarias que puedan afectar el índice de aprobación.

Adicionalmente, para trabajos futuros se recomienda realizar el análisis para aspectos como la incidencia de la franja horaria respecto a las cancelaciones de asignaturas. Igualmente, sería posible realizar el mismo tipo de análisis para otros departamento y para cada uno de los programas de pregrado y posgrado de la Escuela, ampliándolo al impacto económico que pueda tener la reasignación de las clases en las diferentes franjas horarias de acuerdo con los resultados que arrojen los análisis.

Se sugiere que para el diseño del nuevo módulo se tengan en cuenta aspectos que involucren no solo la franja horaria interactuando con el índice de

aprobación, sino que adicionalmente se evalúen aspectos como franja horaria interactuando con las cancelaciones. Así mismo, puede realizar un estudio similar incluyendo aspectos de análisis multivariado que incluyan no solo la franja horaria y el índice de aprobación, sino que adicionalmente se pueden incluir variables tales como, asignatura, profesor, intensidad semanal, genero, edad, demografía, etc.

Así mismo, se propone realizar el diseño de una herramienta de inteligencia de negocios que permita visualizar la relación entre múltiples variables, las cuales se puedan incluir o quitar del análisis, de acuerdo a las necesidad y los objetivos a analizar en el momento.

Podría ser también campo de estudio el impacto económico que se tendría al implementar el módulo propuesto al final del capítulo anterior.

Finalmente, el presente estudio es un análisis estadístico exploratorio que abre las puertas a la realización de múltiples investigaciones en diversos tópicos, no estudiados con anterioridad, a nivel Latinoamérica y Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

Aldaghir, M. I. (2017). *Class Scheduling and Student Performance in Economics Principles*. Middle Tennessee State University.

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Pearson.

Dillsa, A., & Hernández-Julián, R. (2008). Course Scheduling and Academic Performance. *Economics of Education Review* 27, 646–654.

Duran, I. L. (2015). Class Schedule: A Predictor of Students' Performance in Computer Programming-1. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 322-324.

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (25 de Agosto de 2008). *Lineamientos de Políticas Institucionales*. Recuperado el 25 de noviembre de 2018, de https://www.escuelaing.edu.co/uploads/descargables/3044_9960_lineamientos_politicas_institucionales_2008.pdf

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2017). *Portafolio Institucional*. Recuperado el 25 de noviembre de 2018, de https://www.escuelaing.edu.co/uploads/descargables/1844_folleto_institucional_2017_espanol.pdf

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (s.f.). *Departamento de Matemáticas*. Recuperado el 25 de noviembre de 2018, de <https://www.escuelaing.edu.co/es/programas/departamentos/1>

Foris. (s.f.). *DarwinEd*. Recuperado el 28 de noviembre de 2018, de La Evolución de la Gestión Académica: <https://www.foris.ai/darwined>

J. J. Allaire. Software Engineer & Founder. (s.f.). *RStudio. Open source and enterprise-ready professional software for R*. Recuperado el 29 de noviembre de 2018, de <https://www.rstudio.com/>

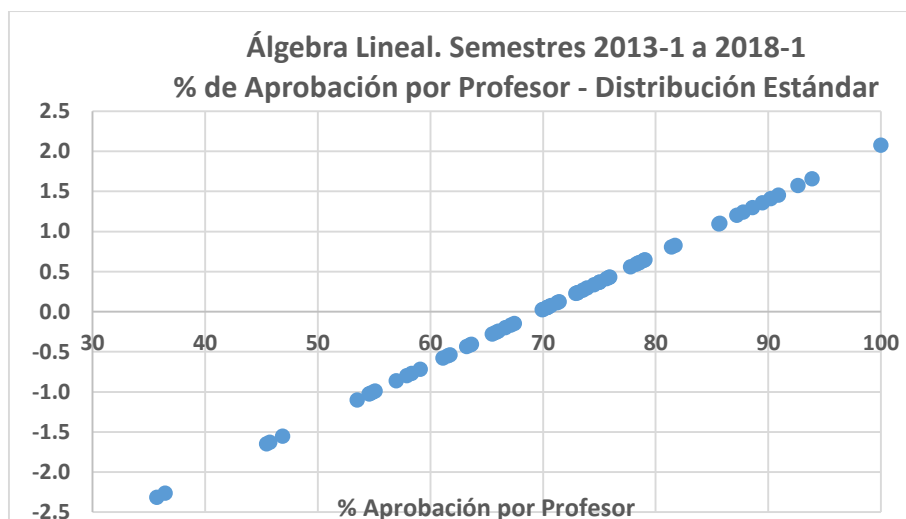
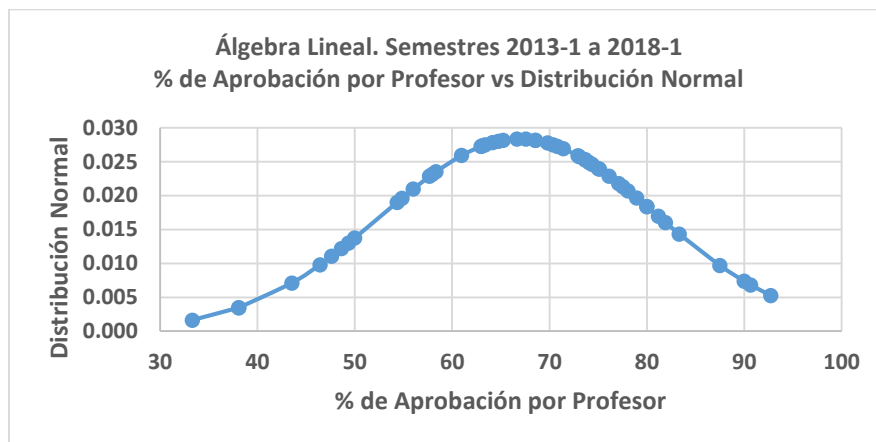
- Korkofingas, C., & Macri, J. (2013). Does Time Spent Online have an Influence on Student Performance? Evidence for a Large Business Studies Class. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, Volume 10 | Issue 2.
- Ngoboka, P., & Schultz, B. (2002). The Effects Of Class Size On Student Academic Performance In A Principles. *Proceedings of the Midwest Business Economics Association*, 198-207.
- R Core Team. (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. (R. F. Computing, Productor) Recuperado el 29 de noviembre de 2018, de The R Project for Statistical Computing: <https://www.R-project.org/>
- Scrucca, L. (2004). qcc: an R package for quality control charting and statistical process control. *R News* 4/1, 11-17.
- Velasco Cháves, L. F. (8 de junio de 2011). *¿Qué es el Habeas Data?* Recuperado el 29 de noviembre de 2018, de <http://www.congresovisible.org/agora/post/que-es-el-habeas-data/1741/>
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Novena ed.). (L. E. Pineda Ayala, Trad.) México: Pearson Educación.

**ANEXO 1 - GRÁFICAS, TABLAS Y DIAGRAMAS PARA DETERMINAR
LOS PROFESORES CON MAYOR Y CON MENOR ÍNDICE DE
APROBACIÓN QUE SE DESCARTAN EN CADA ASIGNATURA.**

1. Álgebra Lineal

Álgebra Lineal			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for porcpasanalli			
	%	Distribución	Z
	Aprobación	Normal	
Prof_78	92.7	0.00526	1.84
Prof_117	90.7	0.00682	1.69
Prof_61	90.0	0.00737	1.64
Prof_62	87.5	0.00972	1.46
Prof_59	83.3	0.01435	1.17
Prof_106	81.9	0.01605	1.07
Prof_69	81.2	0.01696	1.01
Prof_109	80.0	0.01841	0.93
Prof_154	80.0	0.01841	0.93
Prof_108	78.9	0.01968	0.86
Prof_104	78.1	0.02071	0.79
Prof_68	77.6	0.02132	0.76
Prof_54	77.1	0.02181	0.73
Prof_30	76.1	0.02289	0.66
Prof_83	75.1	0.02393	0.58
Prof_32	75.0	0.02403	0.58
Prof_119	74.4	0.02464	0.53
Prof_44	74.1	0.02493	0.51
Prof_82	73.7	0.02528	0.48
Prof_17	73.6	0.02533	0.48
Prof_126	73.1	0.02579	0.44
Prof_145	72.9	0.02589	0.43
Prof_91	71.4	0.02696	0.32
Prof_103	70.8	0.02730	0.28
Prof_56	70.4	0.02754	0.25
Prof_98	69.8	0.02779	0.21
Prof_142	68.6	0.02819	0.12
Prof_43	68.6	0.02819	0.12
Prof_94	67.6	0.02835	0.05
Prof_72	66.7	0.02838	-0.02
Prof_102	65.2	0.02818	-0.12
Prof_35	64.7	0.02804	-0.15
Prof_13	64.2	0.02784	-0.20
Prof_127	63.4	0.02751	-0.25
Prof_36	63.1	0.02735	-0.27
Prof_107	63.0	0.02728	-0.28
Prof_67	61.0	0.02596	-0.42
Prof_86	58.3	0.02355	-0.61
Prof_52	58.0	0.02318	-0.64
Prof_96	57.7	0.02288	-0.66
Prof_93	56.0	0.02099	-0.78
Prof_131	54.8	0.01962	-0.86
Prof_65	54.3	0.01902	-0.89
Prof_40	50.0	0.01375	-1.20
Prof_111	49.4	0.01299	-1.25
Prof_57	48.6	0.01219	-1.30
Prof_114	47.6	0.01106	-1.37
Prof_45	46.4	0.00981	-1.46
Prof_41	43.5	0.00712	-1.66
Prof_144	38.1	0.00347	-2.05
Prof_87	38.1	0.00347	-2.05
Prof_137	33.3	0.00163	-2.39
Media=	66.9		
SD=	14.1		

Los profesores que se excluyen de la muestra son Prof_78, Prof_117, Prof_61, Prof_41, Prof_144, Prof_87 y Prof_137.



Pareto chart analysis for porcpasanalli sin profesores extremos

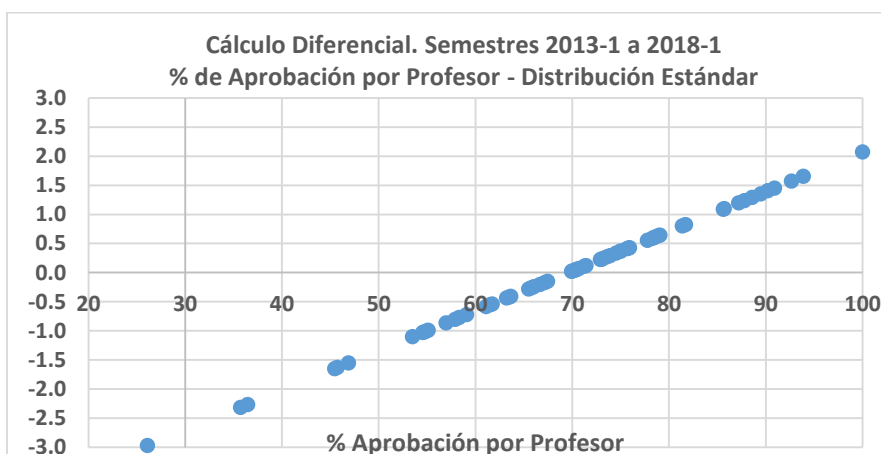
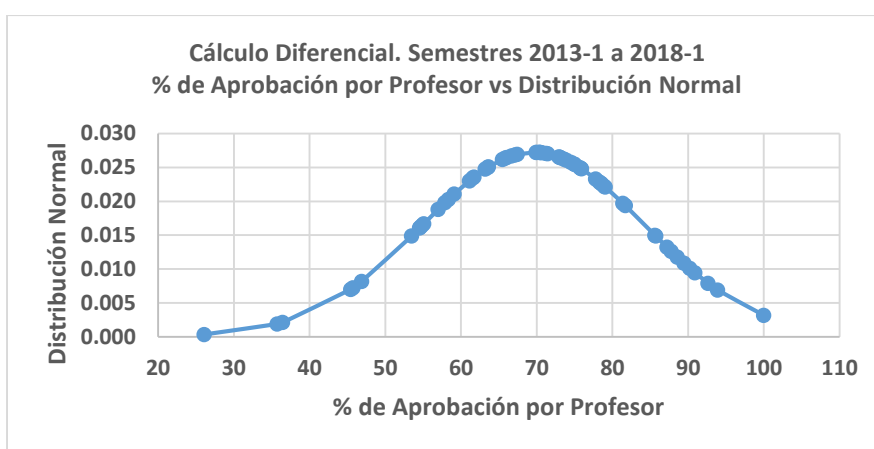
	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1300	75.6	75.6	13.5	13.5
1600	72.3	147.9	12.9	26.4
830	71.1	219.0	12.7	39.1
1730	70.1	289.1	12.5	51.7
700	68.2	357.3	12.2	63.9
1430	68.2	425.5	12.2	76.0
1130	67.6	493.1	12.1	88.1
1000	66.5	559.6	11.9	100.0

2. Cálculo Diferencial

Cálculo Diferencial			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for			
porcpasancald			
	%	Distribución	Z
	Aprobación	Normal	
Prof_44	100.0	0.00316	2.08
Prof_78	93.9	0.00689	1.66
Prof_69	92.6	0.00790	1.57
Prof_136	90.9	0.00945	1.46
Prof_149	90.2	0.01011	1.41
Prof_49	89.5	0.01085	1.36
Prof_61	88.6	0.01175	1.30
Prof_121	87.8	0.01260	1.24
Prof_27	87.2	0.01322	1.20
Prof_77	85.7	0.01487	1.10
Prof_154	85.6	0.01498	1.09
Prof_60	81.7	0.01935	0.83
Prof_116	81.4	0.01969	0.81
Prof_119	79.1	0.02211	0.65
Prof_40	78.9	0.02221	0.64
Prof_37	78.6	0.02257	0.61
Prof_135	78.5	0.02268	0.61
Prof_107	78.3	0.02286	0.59
Prof_126	77.8	0.02330	0.56
Prof_11	75.9	0.02482	0.43
Prof_100	75.9	0.02485	0.43
Prof_92	75.7	0.02500	0.41
Prof_123	75.0	0.02544	0.37
Prof_150	75.0	0.02544	0.37
Prof_95	74.5	0.02573	0.34
Prof_13	73.9	0.02608	0.29
Prof_56	73.5	0.02627	0.27
Prof_122	73.1	0.02648	0.24
Prof_38	73.0	0.02649	0.24
Prof_26	72.9	0.02654	0.23
Prof_83	71.4	0.02702	0.13
Prof_108	71.3	0.02706	0.11
Prof_89	70.7	0.02716	0.07
Prof_42	70.4	0.02719	0.06
Prof_58	70.4	0.02720	0.05
Prof_22	70.4	0.02720	0.05
Prof_139	70.0	0.02722	0.03
Prof_18	69.9	0.02723	0.02
Prof_140	67.4	0.02694	-0.15
Prof_97	67.1	0.02686	-0.17
Prof_147	66.7	0.02670	-0.20
Prof_51	66.0	0.02644	-0.24
Prof_128	65.8	0.02634	-0.26
Prof_141	65.5	0.02619	-0.28
Prof_137	63.6	0.02507	-0.41
Prof_20	63.5	0.02500	-0.41
Prof_55	63.2	0.02477	-0.44
Prof_57	61.7	0.02358	-0.54
Prof_145	61.5	0.02341	-0.55
Prof_35	61.1	0.02303	-0.58
Prof_112	59.1	0.02106	-0.72
Prof_84	58.3	0.02027	-0.77
Prof_12	57.9	0.01980	-0.80
Prof_127	57.0	0.01879	-0.86
Prof_93	55.1	0.01669	-0.99
Prof_101	54.9	0.01643	-1.01
Prof_50	54.6	0.01617	-1.02
Prof_111	54.5	0.01607	-1.03
Prof_87	53.5	0.01488	-1.10
Prof_90	46.9	0.00818	-1.55
Prof_142	45.7	0.00722	-1.63

Cálculo Diferencial			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for porcpasancald			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_133	45.5	0.00700	-1.65
Prof_144	36.5	0.00211	-2.26
Prof_75	35.7	0.00188	-2.31
Prof_28	26.1	0.00033	-2.97
Media=	69.6	91.56813	
SD=	14.6	47.62408	

Los profesores que se excluyen de la muestra son Prof_44, Prof_78, Prof_69, Prof_90, Prof_142, Prof_133, Prof_144, Prof_75 y Prof_28.



Pareto chart analysis for porcpasancald sin profesores con % extremos

	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
1130	75.0	75.0	13.0	13.0
1000	74.0	149.1	12.9	25.9
1430	72.1	221.2	12.5	38.4
1600	72.1	293.2	12.5	50.9
1300	71.2	364.5	12.4	63.3
830	70.8	435.3	12.3	75.6
700	70.8	506.0	12.3	87.9
1730	69.6	575.6	12.1	100.0

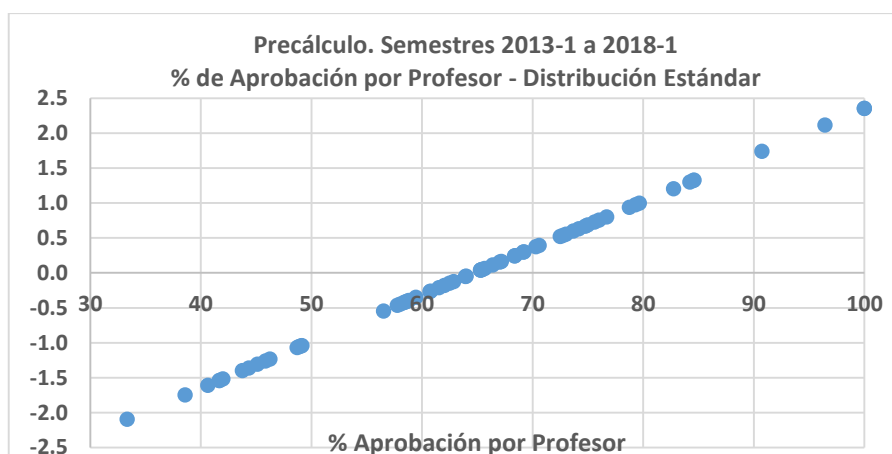
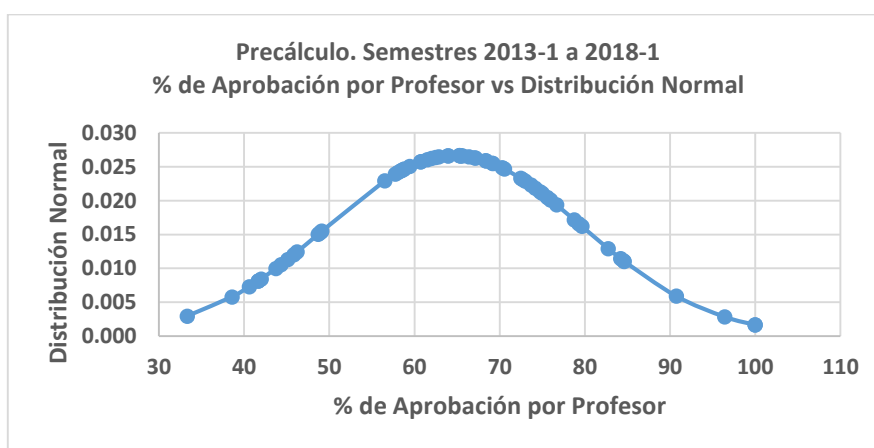
3. Precálculo

Precálculo			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for			
porcpasanprem			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_110	100.0	0.00166	2.36
Prof_69	100.0	0.00166	2.36
Prof_117	96.4	0.00283	2.12
Prof_29	90.7	0.00589	1.74
Prof_135	84.6	0.01103	1.33
Prof_31	84.5	0.01110	1.32
Prof_151	84.2	0.01143	1.30
Prof_149	82.8	0.01291	1.20
Prof_146	79.7	0.01622	1.00
Prof_60	79.3	0.01659	0.97
Prof_134	78.8	0.01717	0.94
Prof_56	76.7	0.01938	0.80
Prof_21	76.0	0.02008	0.75
Prof_122	75.6	0.02047	0.73
Prof_136	75.0	0.02107	0.69
Prof_39	74.7	0.02131	0.67
Prof_65	74.2	0.02185	0.63
Prof_125	73.7	0.02229	0.60
Prof_68	73.0	0.02287	0.55
Prof_106	72.7	0.02311	0.53
Prof_140	72.5	0.02330	0.52
Prof_43	70.6	0.02469	0.39
Prof_24	70.3	0.02487	0.37
Prof_139	69.2	0.02548	0.30
Prof_92	69.2	0.02552	0.30
Prof_53	68.4	0.02586	0.25
Prof_107	68.4	0.02588	0.24
Prof_129	67.2	0.02630	0.16
Prof_104	67.0	0.02634	0.15
Prof_13	66.4	0.02649	0.11
Prof_47	65.7	0.02660	0.06
Prof_19	65.5	0.02662	0.05
Prof_103	65.4	0.02663	0.04
Prof_63	65.3	0.02663	0.04
Prof_128	65.3	0.02663	0.04
Prof_70	64.0	0.02662	-0.05
Prof_44	63.9	0.02661	-0.05
Prof_12	62.9	0.02644	-0.13
Prof_112	62.5	0.02636	-0.15
Prof_26	62.0	0.02622	-0.18
Prof_62	61.5	0.02605	-0.21
Prof_94	60.8	0.02574	-0.26
Prof_133	60.7	0.02572	-0.27
Prof_105	59.5	0.02505	-0.35
Prof_126	58.8	0.02465	-0.39
Prof_18	58.7	0.02456	-0.40
Prof_113	58.5	0.02442	-0.42
Prof_120	58.4	0.02437	-0.42
Prof_96	58.1	0.02413	-0.45
Prof_137	57.8	0.02391	-0.47
Prof_55	56.5	0.02293	-0.55
Prof_86	49.1	0.01548	-1.04
Prof_84	49.1	0.01541	-1.05
Prof_66	48.9	0.01522	-1.06
Prof_42	48.7	0.01504	-1.07
Prof_74	46.2	0.01243	-1.24
Prof_88	45.8	0.01201	-1.26
Prof_52	45.1	0.01130	-1.31
Prof_28	44.3	0.01053	-1.36
Prof_58	43.8	0.00998	-1.40
Prof_108	42.0	0.00841	-1.52
Prof_40	41.7	0.00813	-1.54
Prof_57	41.7	0.00813	-1.54
Prof_118	40.6	0.00728	-1.61
Prof_85	38.6	0.00579	-1.75

Precálculo			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for porcpasanprem			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_114	33.3	0.00295	-2.10

Media= 64.7 87.18717
SD= 15.0 42.28154

Los profesores que se excluyen de la muestra son Prof_110, Prof_69, Prof_117, Prof_29, Prof_108, Prof_40, Prof_57, Prof_118, Prof_85, y Prof_114.



Pareto chart analysis for porcpasanprem sin profesores extremos

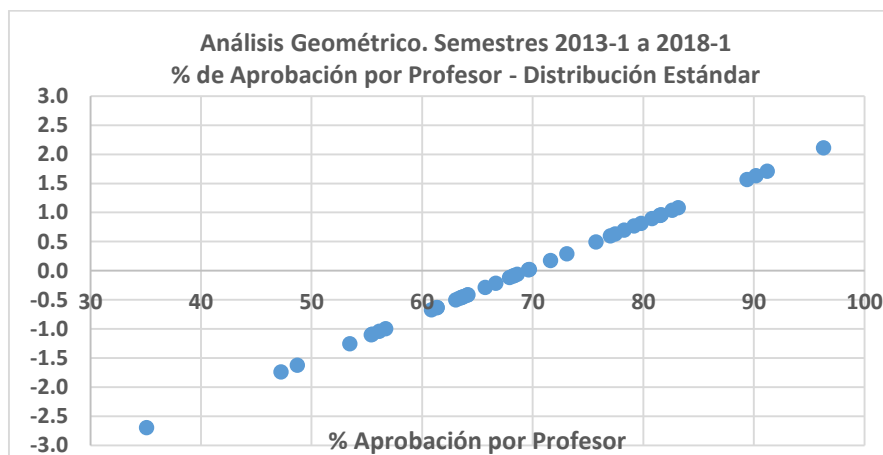
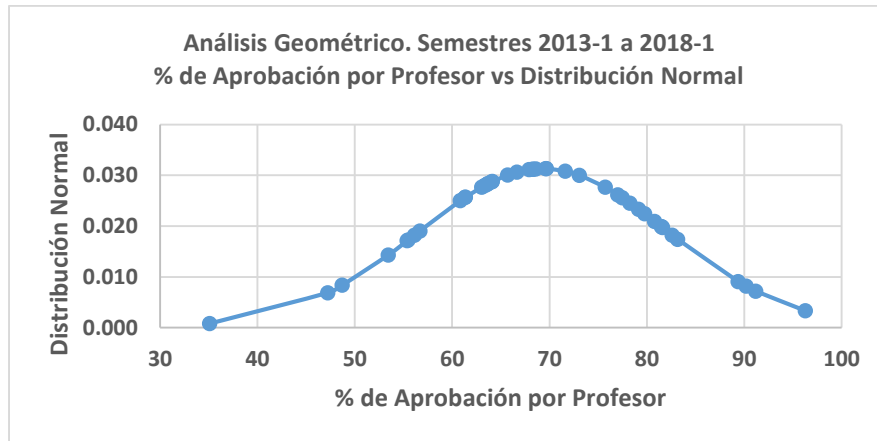
Hora	Frequency	Cum.Freq.	Percentage	Cum.Percent.
830	66.9	66.9	13.5	13.5
1600	66.2	133.1	13.3	26.8
1430	64.8	197.9	13.0	39.8
1300	64.3	262.2	12.9	52.7
700	64.1	326.3	12.9	65.6
1130	61.9	388.3	12.4	78.1
1000	59.2	447.4	11.9	90.0
1730	49.9	497.4	10.0	100.0

4. Análisis Geométrico

Análisis Geométrico			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for			
porcpasanageo			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_98	96.3	0.00335	2.11
Prof_62	91.2	0.00722	1.71
Prof_37	90.2	0.00823	1.64
Prof_122	89.4	0.00912	1.57
Prof_48	83.2	0.01744	1.08
Prof_56	82.6	0.01825	1.04
Prof_83	81.6	0.01971	0.96
Prof_22	81.5	0.01984	0.96
Prof_99	81.5	0.01993	0.95
Prof_63	80.8	0.02095	0.90
Prof_115	79.8	0.02242	0.82
Prof_154	79.2	0.02331	0.77
Prof_103	78.3	0.02456	0.70
Prof_112	77.5	0.02560	0.64
Prof_21	77.0	0.02615	0.60
Prof_127	75.7	0.02767	0.50
Prof_36	73.1	0.03003	0.29
Prof_125	71.6	0.03085	0.18
Prof_18	69.7	0.03132	0.03
Prof_85	69.6	0.03133	0.02
Prof_93	68.6	0.03128	-0.06
Prof_43	68.3	0.03123	-0.08
Prof_130	68.3	0.03121	-0.09
Prof_16	67.9	0.03112	-0.12
Prof_69	66.7	0.03063	-0.21
Prof_72	65.7	0.03007	-0.29
Prof_70	64.1	0.02879	-0.41
Prof_124	64.1	0.02874	-0.42
Prof_52	63.7	0.02841	-0.44
Prof_126	63.6	0.02831	-0.45
Prof_75	63.5	0.02820	-0.46
Prof_39	63.4	0.02802	-0.47
Prof_58	63.0	0.02769	-0.50
Prof_111	61.4	0.02570	-0.63
Prof_109	61.3	0.02567	-0.63
Prof_144	60.8	0.02502	-0.67
Prof_13	56.7	0.01908	-1.00
Prof_94	56.1	0.01823	-1.04
Prof_141	55.5	0.01729	-1.09
Prof_28	55.4	0.01715	-1.10
Prof_35	53.4	0.01433	-1.25
Prof_142	48.7	0.00841	-1.62
Prof_97	47.2	0.00690	-1.74
Prof_137	35.1	0.00083	-2.69

Media= 69.4 88.47151
SD= 12.7 50.27374

De tal forma que los profesores que se excluyen de la muestra son Prof_98, Prof_62, Prof_37, Prof_122, Prof_142, Prof_97 y Prof_137.



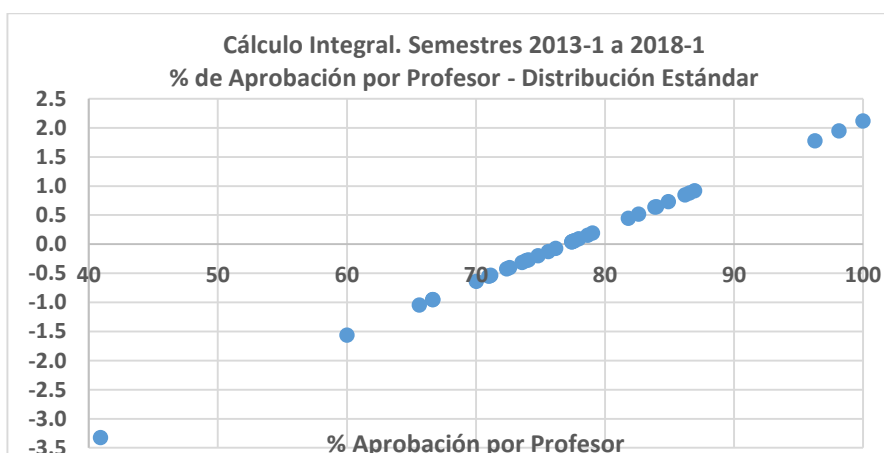
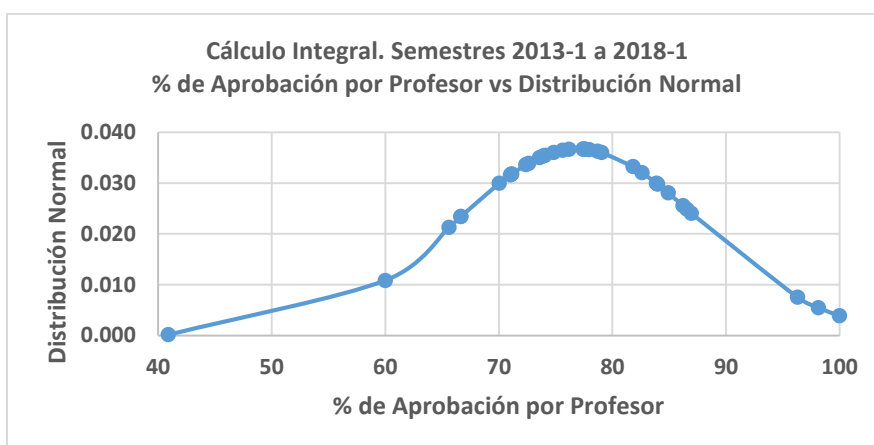
5. Cálculo Integral

Cálculo Integral			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for			
porcpasanCALI			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_150	100.0	0.00387	2.12
Prof_121	98.1	0.00548	1.95
Prof_62	96.3	0.00753	1.78
Prof_108	87.0	0.02405	0.92
Prof_11	86.6	0.02484	0.88
Prof_19	86.2	0.02557	0.85
Prof_46	84.9	0.02808	0.73
Prof_30	84.0	0.02977	0.65
Prof_58	83.9	0.02997	0.64
Prof_82	82.6	0.03208	0.52
Prof_116	81.8	0.03323	0.45
Prof_135	79.1	0.03605	0.19
Prof_22	78.7	0.03627	0.16
Prof_13	78.0	0.03657	0.09
Prof_44	77.7	0.03665	0.06
Prof_126	77.6	0.03666	0.06
Prof_73	77.5	0.03669	0.05
Prof_45	77.4	0.03669	0.04
Prof_79	76.2	0.03663	-0.07
Prof_54	75.6	0.03644	-0.12
Prof_84	74.8	0.03603	-0.20

Cálculo Integral			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for porcpasanCALI			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_111	74.1	0.03545	-0.27
Prof_17	73.9	0.03531	-0.28
Prof_85	73.6	0.03499	-0.31
Prof_25	72.6	0.03391	-0.40
Prof_14	72.4	0.03361	-0.42
Prof_97	71.2	0.03184	-0.53
Prof_88	71.1	0.03177	-0.54
Prof_26	71.0	0.03162	-0.55
Prof_98	70.0	0.02997	-0.64
Prof_148	66.7	0.02344	-0.95
Prof_95	66.7	0.02344	-0.95
Prof_137	65.6	0.02131	-1.04
Prof_114	60.0	0.01085	-1.56
Prof_110	40.9	0.00015	-3.32

Media= 77.0 93.25514
SD= 10.9 60.66651

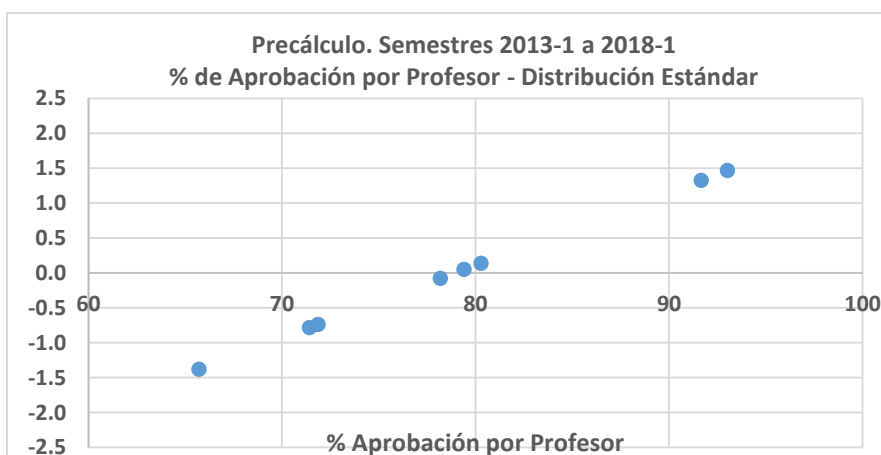
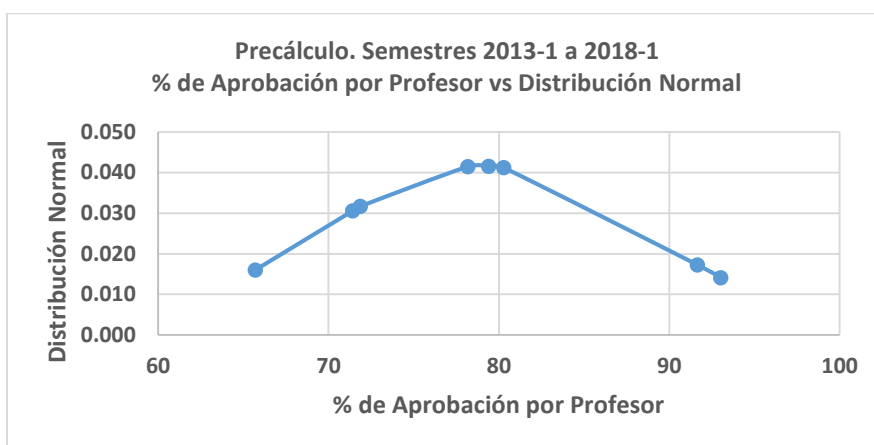
Los profesores que se excluyen de la muestra son Prof_150, Prof_121, Prof_62, Prof_114 y Prof_110.



6. Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales

Cálculo Integral con Ecuaciones Diferenciales			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for			
porcpasancied			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_62	93.0	0.01417	1.47
Prof_85	91.7	0.01727	1.33
Prof_30	80.3	0.04119	0.14
Prof_11	79.4	0.04154	0.05
Prof_97	78.2	0.04146	-0.08
Prof_122	71.9	0.03169	-0.74
Prof_22	71.4	0.03059	-0.78
Prof_46	65.7	0.01606	-1.38

Media= 78.9 93.33715
SD= 9.6 64.55862

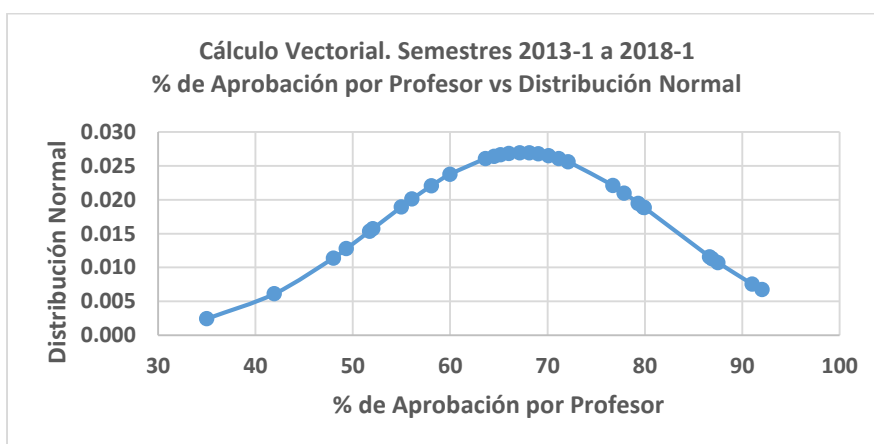


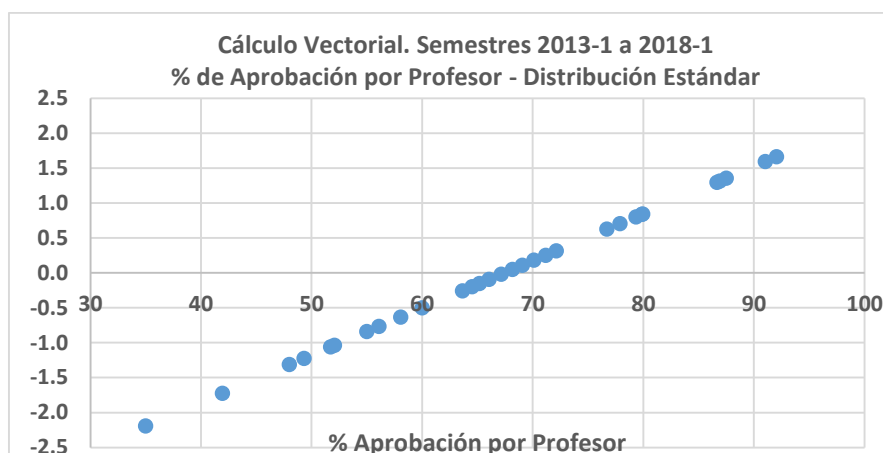
7. Cálculo Vectorial

Cálculo Vectorial			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for			
porcpasanCALV			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_61	92.0	0.00675	1.66
Prof_30	91.0	0.00754	1.60
Prof_37	87.5	0.01073	1.36
Prof_126	86.9	0.01130	1.32
Prof_99	86.7	0.01156	1.30
Prof_108	79.9	0.01883	0.85
Prof_109	79.9	0.01892	0.84
Prof_145	79.3	0.01949	0.81
Prof_92	77.9	0.02098	0.71
Prof_131	76.7	0.02212	0.63
Prof_54	72.1	0.02562	0.32
Prof_138	71.2	0.02609	0.25
Prof_135	70.1	0.02650	0.18
Prof_55	69.0	0.02678	0.11
Prof_14	68.2	0.02691	0.05
Prof_45	67.1	0.02694	-0.02
Prof_64	66.0	0.02683	-0.09
Prof_72	65.2	0.02664	-0.15
Prof_82	64.5	0.02644	-0.20
Prof_62	63.6	0.02609	-0.25
Prof_35	60.0	0.02378	-0.50
Prof_73	58.1	0.02208	-0.63
Prof_150	56.1	0.02011	-0.77
Prof_137	55.0	0.01897	-0.84
Prof_41	52.1	0.01576	-1.04
Prof_91	51.7	0.01538	-1.06
Prof_28	49.3	0.01279	-1.22
Prof_15	48.0	0.01141	-1.31
Prof_81	41.9	0.00613	-1.72
Prof_153	35.0	0.00245	-2.19

Media= 67.4 89.61291
SD= 14.8 45.20094

Los profesores que se excluyen de la muestra son Prof_61, Prof_30, Prof_81 y Prof_153.



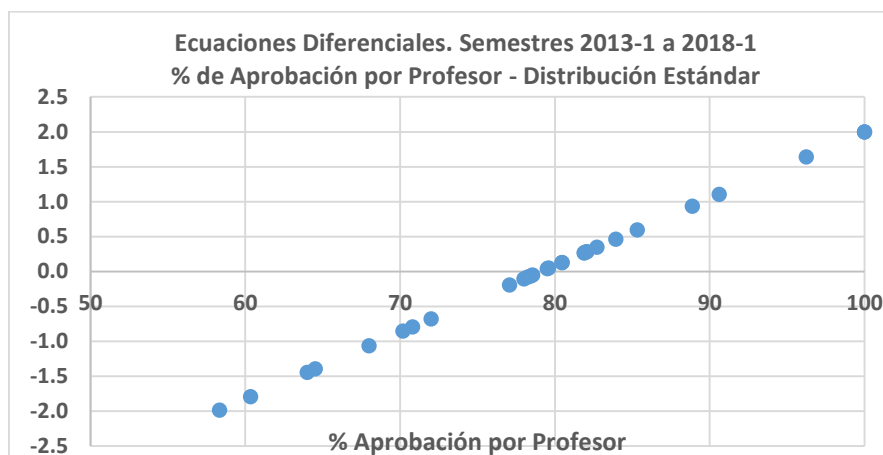
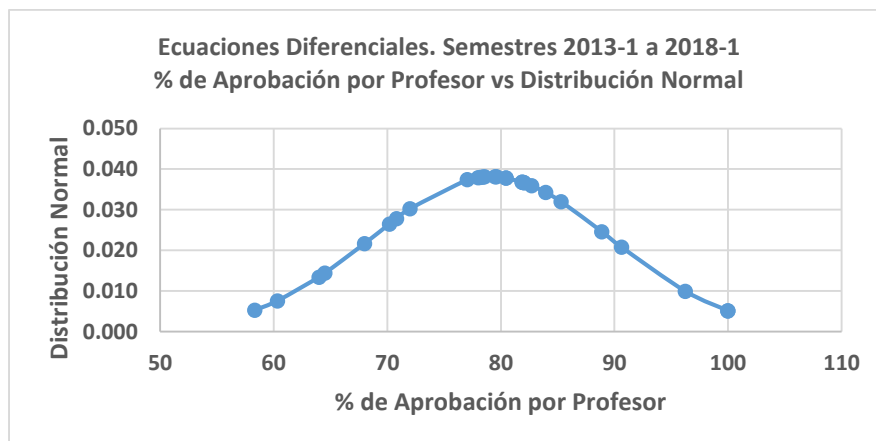


8. Ecuaciones Diferenciales

Ecuaciones Diferenciales			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for			
porcpasanECDI			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_154	100.0	0.00518	2.00
Prof_35	100.0	0.00518	2.00
Prof_62	96.2	0.00996	1.64
Prof_99	90.6	0.02080	1.10
Prof_30	88.9	0.02463	0.94
Prof_108	85.3	0.03199	0.59
Prof_86	83.9	0.03428	0.46
Prof_54	82.7	0.03595	0.35
Prof_46	82.1	0.03665	0.28
Prof_26	82.0	0.03673	0.28
Prof_145	81.9	0.03682	0.27
Prof_135	81.9	0.03684	0.27
Prof_55	80.5	0.03784	0.13
Prof_133	80.5	0.03784	0.13
Prof_88	79.6	0.03812	0.05
Prof_111	79.5	0.03813	0.04
Prof_84	78.6	0.03811	-0.05
Prof_151	78.4	0.03808	-0.06
Prof_115	78.2	0.03802	-0.09
Prof_94	78.0	0.03795	-0.11
Prof_126	77.1	0.03744	-0.20
Prof_103	72.0	0.03029	-0.68
Prof_17	70.8	0.02785	-0.79
Prof_148	70.2	0.02653	-0.85
Prof_19	68.0	0.02170	-1.06
Prof_137	64.5	0.01441	-1.40
Prof_64	64.0	0.01343	-1.45
Prof_91	60.3	0.00762	-1.79
Prof_15	58.3	0.00530	-1.99

Media= 79.1 94.78954
SD= 10.5 63.42516

Los profesores que se excluyen de la muestra son Prof_154, Prof_37, Prof_62, Prof_91 y Prof_15.

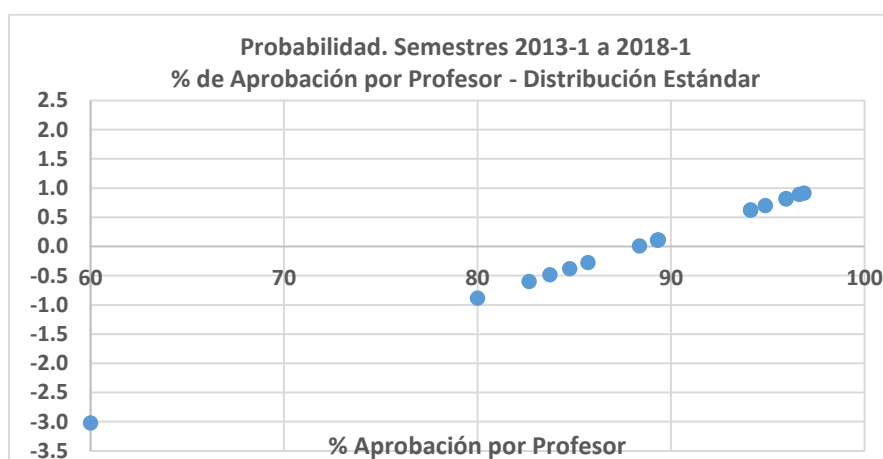
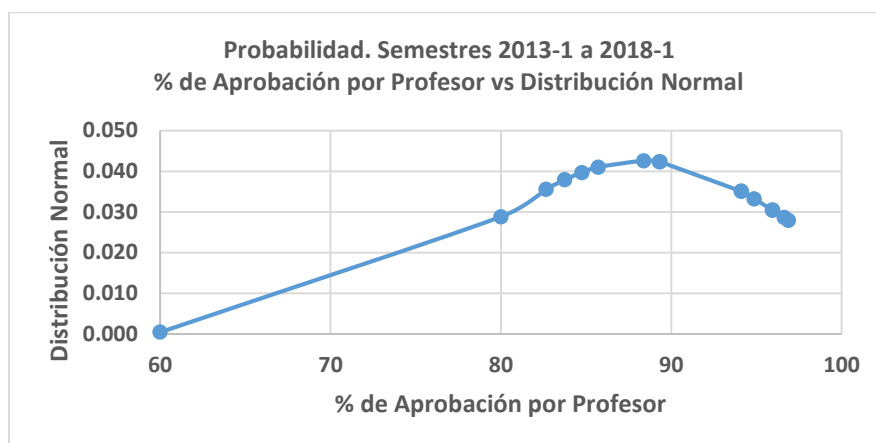


9. Probabilidad

Probabilidad			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for			
porcpasanPRBA			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_71	96.9	0.02795	0.92
Prof_76	96.6	0.02862	0.89
Prof_34	96.0	0.03044	0.82
Prof_122	95.9	0.03047	0.82
Prof_33	94.9	0.03325	0.70
Prof_117	94.1	0.03508	0.62
Prof_27	94.1	0.03508	0.62
Prof_82	89.3	0.04234	0.11
Prof_85	89.3	0.04236	0.11
Prof_143	88.4	0.04262	0.01
Prof_152	85.7	0.04105	-0.27
Prof_65	84.8	0.03972	-0.38
Prof_99	83.8	0.03791	-0.48
Prof_100	82.7	0.03561	-0.60
Prof_132	80.0	0.02883	-0.88
Prof_26	60.0	0.00044	-3.02

Media= 88.3 97.63830
SD= 9.4 78.91653

De tal forma que solo se excluye de la muestra el profesor Prof_26.

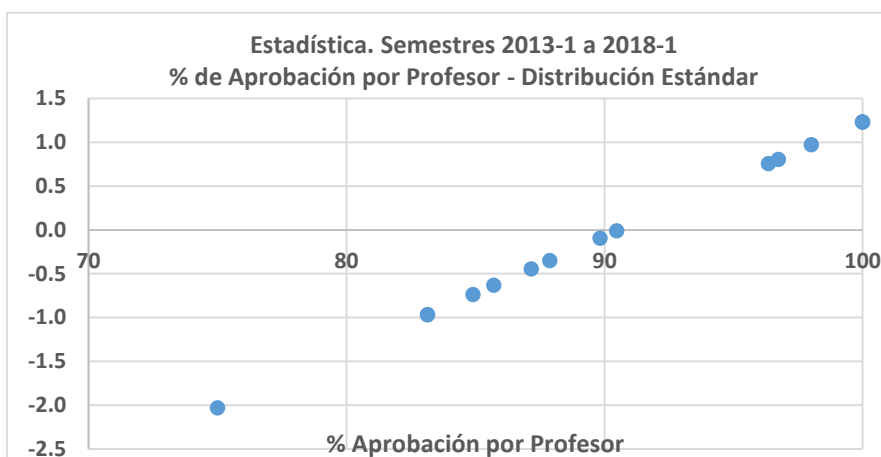
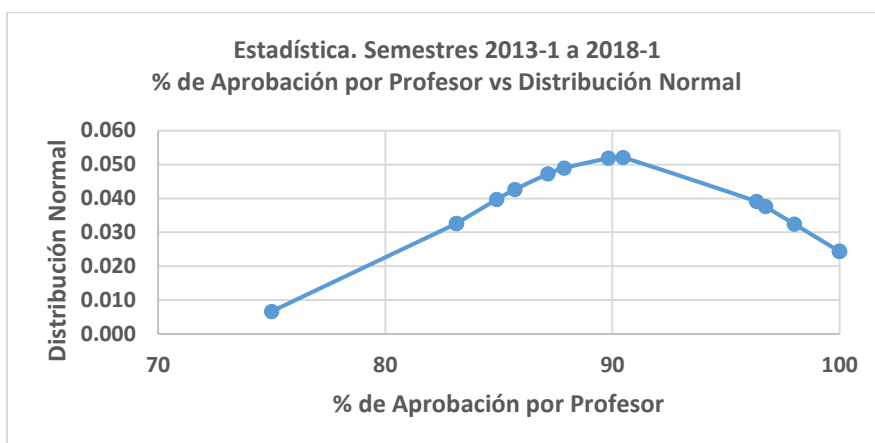


10. Estadística

Estadística			
% Aprobación por Profesor e Indicadores estadísticos			
Datos tomados de Pareto chart analysis for porcpasanESTI			
	% Aprobación	Distribución Normal	Z
Prof_122	100.0	0.02436	1.23
Prof_126	100.0	0.02436	1.23
Prof_33	100.0	0.02436	1.23
Prof_65	98.0	0.03240	0.97
Prof_82	96.7	0.03760	0.81
Prof_76	96.4	0.03911	0.76
Prof_123	90.5	0.05207	-0.01
Prof_99	89.8	0.05184	-0.09
Prof_27	87.9	0.04899	-0.35
Prof_143	87.2	0.04720	-0.44
Prof_132	85.7	0.04264	-0.63
Prof_100	84.9	0.03967	-0.74
Prof_80	83.1	0.03259	-0.97
Prof_23	83.1	0.03259	-0.97
Prof_152	75.0	0.00663	-2.03

Media= 90.6 98.21840
SD= 7.7 82.89582

De tal forma que solo se excluye de la muestra el profesor Prof_152.



ANEXO 2 - CÓDIGOS EN R

1. Código en R para lectura de datos:

```
#Lectura de datos
View(MATE_Depurada)
table(MATE_Depurada$hora_ini)
```

2. Código en R para diagrama de Pareto y diagrama de barras de todas las asignaturas durante los semestres 2013-1 a 2018-1

```
require(qcc)
# PRIMER DIAGRAMA DE PARETO: Utilización general de las horas de clase de todas las asignaturas
referenciadas para el departamento de matemáticas entre los semestres 2013-1 a 2018-1
pareto.chart(table(MATE_Depurada$hora_ini))
par(mar=c(3,6,5,3))
MATE_Depurada$hora_ini <-factor(MATE_Depurada$hora_ini)
pareto.chart(table(MATE_Depurada$hora_ini), xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,175000),
ylab="Número de estudiantes inscritos", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10),
las=2, main="Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos \nAsignaturas
Departamento de Matemáticas\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# SEGUNDO DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus cantidad de estudiantes que aprueban las
asignaturas
par(mar=c(3,6,5,3))
MATE_Depurada$hora_ini <-factor(MATE_Depurada$hora_ini)
cantpasan<-tapply(MATE_Depurada$Pasa_Asig, MATE_Depurada$hora_ini, FUN=sum)
pareto.chart(cantpasan, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,130000), ylab="Número de
estudiantes que aprueban", ylab2="Porcentaje acumulado",
cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Número de estudiantes que aprueban
\nAsignaturas Departamento de Matemáticas\nSemestres:2013-1 a 2018-1",
cex.axis=0.6)
# TERCER DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus % de estudiantes que aprueban todas las
asignatura de los semestres 2013-1 a 2018-1
par(mar=c(3,6,5,4))
MATE_Depurada$hora_ini <-factor(MATE_Depurada$hora_ini)
porcpasan<-cantpasan/table(MATE_Depurada$hora_ini)*100
pareto.chart(porcpasan, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylab="% de estudiantes que aprueban en
cada hora", ylab2="Porcentaje acumulado del total de sesiones", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2,
main="Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban\n\nAsignaturas Departamento de
Matemáticas\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# DIAGRAMA DE BARRAS TODAS LAS ASIGNATURAS
par(mar=c(4,5,4,3))
# Vector ordenado
porcpasanord=rev(sort(porcpasan))
# Vector redondeado
porcpasanord1=round(porcpasanord,digits = 1)
diabargen=barplot(porcpasanord1,width = 1, space = 0.4, xlab="Hora de clase (formato militar)",
col = c("lightblue", "mistyrose", "lightcyan", "lavender", "cornsilk"),ylim = c(0, 100), ylab="Porcentaje de
estudiantes \nque aprueban en cada hora", main="\n Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que
Aprueban\n\nAsignaturas Departamento de Matemáticas\nSemestres:2013-1 a 2018-1"), text(diabargen,
porcpasanord1+3 , paste(porcpasanord1,"%") ,cex=0.8)
```

3. Código en R para diagrama de Pareto y diagrama de barras de Cálculo Diferencial durante los semestres 2013-1 a 2018-1

```
#PARA CÁLCULO DIFERENCIAL
#Lectura de datos
CALD_depurada<-subset(MATE_Depurada, cod_asig=="CALD")
table(CALD_depurada$hora_ini)
require(qcc)
# PRIMER DIAGRAMA DE PARETO: Utilización general de las horas de clase de CALCULO DIFERENCIAL
entre los semestres 2013-1 a 2018-1
```

```

pareto.chart(table(CALD_depurada$hora_ini))
par(mar=c(3,6,5,3))
CALD_depurada$hora_ini <-factor(CALD_Depurada$hora_ini)
pareto.chart(table(CALD_depurada$hora_ini) , xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,27000),
ylab="Número de estudiantes inscritos", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10),
las=2, main="Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos \nCálculo
Diferencial (CALD)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# SEGUNDO DIAGRAMA DE PARETO: CALCULO DIFERENCIAL Hora de clase versus cantidad de
estudiantes que aprueban
par(mar=c(3,6,5,3))
CALD_depurada$hora_ini <-factor(CALD_depurada$hora_ini)
cantpasancald<-tapply(CALD_depurada$Pasa_Asig, CALD_depurada$hora_ini, FUN=sum)
pareto.chart(cantpasancald, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,20000), ylab="Número de
estudiantes que aprueban", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2,
main="Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban \nCálculo Diferencial
(CALD)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# TERCER DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus % de estudiantes que aprueban CÁLCULO
DIFERENCIAL de los semestres 2013-1 a 2018-1
par(mar=c(3,6,5,4))
cALD_depurada$hora_ini <-factor(cALD_depurada$hora_ini)
porcpasancald<-cantpasancald/table(cALD_depurada$hora_ini)*100
pareto.chart(porcpasancald, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylab="% de estudiantes que aprueban
en cada hora", ylim=c(0,560), ylab2="Porcentaje acumulado del total de sesiones", cumperc=seq(0, 100,
by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban\nCálculo Diferencial
(CALD)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# DIAGRAMA DE BARRAS CÁLCULO DIFERENCIAL
par(mar=c(4,5,4,3))
# Vector ordenado
porcpasancaldord=rev(sort(porcpasancald))
# Vector redondeado
porcpasancaldord1=round(porcpasancaldord,digits = 1)
diabargencald=barplot(porcpasancaldord1,width = 1, space = 0.4, xlab="Hora de clase (formato militar)",
col = c("lightblue", "mistyrose", "lightcyan", "lavender", "cornsilk"), ylim = c(0, 100),
ylab="Porcentaje de estudiantes \nque aprueban en cada hora", main="\n Hora de Clase vs Porcentaje de
Estudiantes que Aprueban\nCálculo Diferencial (CALD)\nSemestres:2013-1 a 2018-1") text(diabargencald,
porcpasancaldord1+3 , paste(porcpasancaldord1,"%") ,cex=0.8)

```

4. Código en R para diagrama de Pareto y diagrama de barras de Álgebra Lineal durante los semestres 2013-1 a 2018-1

```

#PARA ALGEBRA LINEAL
#Lectura de datos
ALLI_depurada<-subset(MATE_Depurada, cod_asig=="ALLI")
table(ALLI_depurada$hora_ini)
require(qcc)
# PRIMER DIAGRAMA DE PARETO: Utilización general de las horas de clase de ÁLGEBRA LINEAL entre
los semestres 2013-1 a 2018-1
pareto.chart(table(ALLI_depurada$hora_ini))
par(mar=c(3,6,5,3))
ALLI_depurada$hora_ini <-factor(ALLI_Depurada$hora_ini)
pareto.chart(table(ALLI_depurada$hora_ini) , xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,21000),
ylab="Número de estudiantes inscritos", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10),
las=2, main="Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos \nÁlgebra Lineal
(ALLI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# SEGUNDO DIAGRAMA DE PARETO: ÁLGEBRA LINEAL Hora de clase versus cantidad de estudiantes
que aprueban
par(mar=c(3,6,5,3))
ALLI_depurada$hora_ini <-factor(ALLI_depurada$hora_ini)
cantpasanalli<-tapply(ALLI_depurada$Pasa_Asig, ALLI_depurada$hora_ini, FUN=sum)
pareto.chart(cantpasanalli, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,15000), ylab="Número de
estudiantes que aprueban", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2,
main="Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban \nÁlgebra Lineal (ALLI)\nSemestres:2013-
1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# TERCER DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus % de estudiantes que aprueban ÁLGEBRA
LINEALde los semestres 2013-1 a 2018-1
par(mar=c(3,6,5,4))
ALLI_depurada$hora_ini <-factor(ALLI_depurada$hora_ini)

```

```

porcpasanalli<-cantpasanalli/table(ALLI_depurada$hora_ini)*100
pareto.chart(porcpasanalli, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylab="% de estudiantes que aprueban
en cada hora", ylim=c(0,580), ylab2="Porcentaje acumulado del total de sesiones", cumperc=seq(0, 100,
by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban\nÁlgebra Lineal
(ALLI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# DIAGRAMA DE BARRAS ÁLGEBRA LINEAL
par(mar=c(4,5,4,3))
# Vector ordenado
porcpasanalllord=rev(sort(porcpasanalli))
# Vector redondeado
porcpasanalllord1=round(porcpasanalllord,digits = 1)
diabargenalli=barplot(porcpasanalllord1,width = 1, space = 0.4, xlab="Hora de clase (formato militar)", col
= c("lightblue", "mistyrose", "lightcyan", "lavender", "cornsilk"), ylim = c(0, 100), ylab="Porcentaje de
estudiantes \nque aprueban en cada hora", main="\n Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que
Aprueban\nÁlgebra Lineal (ALLI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1")
text(diabargenalli, porcpasanalllord1+3 , paste(porcpasanalllord1,"%") ,cex=0.8)

```

5. Código en R para diagrama de Pareto y diagrama de barras de Ecuaciones Diferenciales durante los semestres 2013-1 a 2018-1

```

#PARA ECUACIONES DIFERENCIALES
#Lectura de datos
ECDI_depurada<-subset(MATE_Depurada, cod_asig=="ECDI")
table(ECDI_depurada$hora_ini)
require(qcc)
# PRIMER DIAGRAMA DE PARETO: Utilización general de las horas de clase de ECUACIONES
DIFERENCIALES entre los semestres 2013-1 a 2018-1
pareto.chart(table(ECDI_depurada$hora_ini))
par(mar=c(3,6,5,3))
ECDI_depurada$hora_ini <-factor(ECDI_Depurada$hora_ini)
pareto.chart(table(ECDI_depurada$hora_ini) , xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,12000),
ylab="Número de estudiantes inscritos", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10),
las=2, main="Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos \nEcuaciones
Diferenciales (ECDI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# SEGUNDO DIAGRAMA DE PARETO: ECUACIONES DIFERENCIALES Hora de clase versus cantidad
de estudiantes que aprueban
par(mar=c(3,6,5,3))
ECDI_depurada$hora_ini <-factor(ECDI_depurada$hora_ini)
cantpasanECDI<-tapply(ECDI_depurada$Pasa_Asig, ECDI_depurada$hora_ini, FUN=sum)
pareto.chart(cantpasanECDI, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,9000), ylab="Número de
estudiantes que aprueban", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2,
main="Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban \nEcuaciones Diferenciales
(ECDI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# TERCER DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus % de estudiantes que aprueban ECUACIONES
DIFERENCIALES de los semestres 2013-1 a 2018-1
par(mar=c(3,6,5,4))
ECDI_depurada$hora_ini <-factor(ECDI_depurada$hora_ini)
porcpasanECDI<-cantpasanECDI/table(ECDI_depurada$hora_ini)*100
pareto.chart(porcpasanECDI, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylab="% de estudiantes que aprueban
en cada hora", ylim=c(0,640), ylab2="Porcentaje acumulado del total de sesiones", cumperc=seq(0, 100,
by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban\nEcuaciones Diferenciales
(ECDI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# DIAGRAMA DE BARRAS ECUACIONES DIFERENCIALES
par(mar=c(4,5,4,3))
# Vector ordenado
porcpasanECDIord=rev(sort(porcpasanECDI))
# Vector redondeado
porcpasanECDIord1=round(porcpasanECDIord,digits = 1)
diabargenECDI=barplot(porcpasanECDIord1,width = 1, space = 0.4, xlab="Hora de clase (formato militar)",
col = c("lightblue", "mistyrose", "lightcyan", "lavender", "cornsilk"), ylim = c(0, 100), ylab="Porcentaje de
estudiantes \nque aprueban en cada hora", main="\n Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que
Aprueban\nEcuaciones Diferenciales (ECDI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1")
text(diabargenECDI, porcpasanECDIord1+3 , paste(porcpasanECDIord1,"%") ,cex=0.8)

```

6. Código en R para diagrama de Pareto y diagrama de barras de Probabilidad durante los semestres 2013-1 a 2018-1

```
#PARA PROBABILIDAD
#Lectura de datos
PRBA_depurada<-subset(MATE_Depurada, cod_asig=="PRBA")
table(PRBA_depurada$hora_ini)
require(qcc)
# PRIMER DIAGRAMA DE PARETO: Utilización general de las horas de clase de PROBABILIDAD entre
los semestres 2013-1 a 2018-1
pareto.chart(table(PRBA_depurada$hora_ini))
par(mar=c(3,6,5,3))
PRBA_depurada$hora_ini <-factor(PRBA_Depurada$hora_ini)
pareto.chart(table(PRBA_depurada$hora_ini) , xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,11000),
ylab="Número de estudiantes inscritos", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10),
las=2, main="Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos \nProbabilidad
(PRBA)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# SEGUNDO DIAGRAMA DE PARETO: PROBABILIDAD Hora de clase versus cantidad de estudiantes
que aprueban
par(mar=c(3,6,5,3))
PRBA_depurada$hora_ini <-factor(PRBA_depurada$hora_ini)
cantpasanPRBA<-tapply(PRBA_depurada$Pasa_Asig, PRBA_depurada$hora_ini, FUN=sum)
pareto.chart(cantpasanPRBA, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,10000), ylab="Número de
estudiantes que aprueban", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2,
main="Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban \nProbabilidad (PRBA)\nSemestres:2013-
1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# TERCER DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus % de estudiantes que aprueban
PROBABILIDAD de los semestres 2013-1 a 2018-1
par(mar=c(3,6,5,4))
PRBA_depurada$hora_ini <-factor(PRBA_depurada$hora_ini)
porcpasanPRBA<-cantpasanPRBA/table(PRBA_depurada$hora_ini)*100
pareto.chart(porcpasanPRBA, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylab="% de estudiantes que aprueban
en cada hora", ylim=c(0,740), ylab2="Porcentaje acumulado del total de sesiones", cumperc=seq(0, 100,
by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban\nProbabilidad
(PRBA)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# DIAGRAMA DE BARRAS PROBABILIDAD
par(mar=c(4,5,4,3))
# Vector ordenado
porcpasanPRBAord=rev(sort(porcpasanPRBA))
# Vector redondeado
porcpasanPRBAord1=round(porcpasanPRBAord,digits = 1)
diabargenPRBA=barplot(porcpasanPRBAord1,width = 1, space = 0.4, xlab="Hora de clase (formato
militar)", col = c("lightblue", "mistyrose", "lightcyan", "lavender", "cornsilk"), ylim = c(0, 100), ylab="Porcentaje
de estudiantes \nque aprueban en cada hora", main="\n Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que
Aprueban\nProbabilidad (PRBA)\nSemestres:2013-1 a 2018-1")
text(diabargenPRBA, porcpasanPRBAord1-4 , paste(porcpasanPRBAord1,"%") ,cex=0.8)
```

7. Código en R para diagrama de Pareto y diagrama de barras de Análisis Geométrico durante los semestres 2013-1 a 2018-1

```
#PARA ANÁLISIS GEOMÉTRICO
#Lectura de datos
AGEO_depurada<-subset(MATE_Depurada, cod_asig=="AGEO")
table(AGEO_depurada$hora_ini)
require(qcc)
# PRIMER DIAGRAMA DE PARETO: Utilización general de las horas de clase de ANÁLISIS GEOMÉTRICO
entre los semestres 2013-1 a 2018-1
pareto.chart(table(AGEO_depurada$hora_ini))
par(mar=c(3,6,5,3))
AGEO_depurada$hora_ini <-factor(AGEO_Depurada$hora_ini)
pareto.chart(table(AGEO_depurada$hora_ini) , xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,30000),
ylab="Número de estudiantes inscritos", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10),
las=2, main="Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos \nAnálisis
Geométrico (AGEO)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# SEGUNDO DIAGRAMA DE PARETO: ANÁLISIS GEOMÉTRICO Hora de clase versus cantidad de
estudiantes que aprueban
```



```

par(mar=c(3,6,5,3))
AGEO_depurada$hora_ini <-factor(AGEO_depurada$hora_ini)
cantpasanAGEO<-tapply(AGEO_depurada$Pasa_Asig, AGEO_depurada$hora_ini, FUN=sum)
pareto.chart(cantpasanAGEO, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,21000), ylab="Número de
estudiantes que aprueban", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2,
main="Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban \nAnálisis Geométrico
(AGEO)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# TERCER DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus % de estudiantes que aprueban ANÁLISIS
GEOMÉTRICO de los semestres 2013-1 a 2018-1
par(mar=c(3,6,5,4))
AGEO_depurada$hora_ini <-factor(AGEO_depurada$hora_ini)
porcpasanAGEO<-cantpasanAGEO/table(AGEO_depurada$hora_ini)*100
pareto.chart(porcpasanAGEO, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylab="% de estudiantes que
aprueban en cada hora", ylim=c(0,550), ylab2="Porcentaje acumulado del total de sesiones",
cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que
Aprueban\nAnálisis Geométrico (AGEO)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# DIAGRAMA DE BARRAS ANÁLISIS GEOMÉTRICO
par(mar=c(4,5,4,3))
# Vector ordenado
porcpasanAGEOord=rev(sort(porcpasanAGEO))
# Vector redondeado
porcpasanAGEOord1=round(porcpasanAGEOord,digits = 1)
diabargenAGEO=barplot(porcpasanAGEOord1,width = 1, space = 0.4, xlab="Hora de clase (formato
militar)", col = c("lightblue", "mistyrose", "lightcyan", "lavender", "cornsilk"), ylim = c(0, 100), ylab="Porcentaje
de estudiantes \nque aprueban en cada hora", main="\n Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que
Aprueban\nAnálisis Geométrico (AGEO)\nSemestres:2013-1 a 2018-1")
text(diabargenAGEO, porcpasanAGEOord1+4 , paste(porcpasanAGEOord1,"%") ,cex=0.8)

```

8. Código en R para diagrama de Pareto y diagrama de barras de Análisis Geométrico durante los semestres 2013-1 a 2018-1

```

#PARA PRECÁLCULO
#Lectura de datos
PREM_depurada<-subset(MATE_Depurada, cod_asig=="PREM")
table(PREM_depurada$hora_ini)
require(qcc)
# PRIMER DIAGRAMA DE PARETO: Utilización general de las horas de clase de PRECÁLCULO entre los
semestres 2013-1 a 2018-1
pareto.chart(table(PREM_depurada$hora_ini))
par(mar=c(3,6,5,3))
PREM_depurada$hora_ini <-factor(PREM_Depurada$hora_ini)
pareto.chart(table(PREM_depurada$hora_ini) , xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,29000),
ylab="Número de estudiantes inscritos", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10),
las=2, main="Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos \nPrecálculo
(PREM)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# SEGUNDO DIAGRAMA DE PARETO: PRECÁLCULO Hora de clase versus cantidad de estudiantes que
aprueban
par(mar=c(3,6,5,3))
PREM_depurada$hora_ini <-factor(PREM_depurada$hora_ini)
cantpasanPREM<-tapply(PREM_depurada$Pasa_Asig, PREM_depurada$hora_ini, FUN=sum)
pareto.chart(cantpasanPREM, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,21000), ylab="Número de
estudiantes que aprueban", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2,
main="Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban \nPrecálculo (PREM)\nSemestres:2013-1
a 2018-1", cex.axis=0.6)
# TERCER DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus % de estudiantes que aprueban PRECÁLCULO
de los semestres 2013-1 a 2018-1
par(mar=c(3,6,5,4))
PREM_depurada$hora_ini <-factor(PREM_depurada$hora_ini)
porcpasanPREM<-cantpasanPREM/table(PREM_depurada$hora_ini)*100
pareto.chart(porcpasanPREM, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylab="% de estudiantes que
aprueban en cada hora", ylim=c(0,490), ylab2="Porcentaje acumulado del total de sesiones",
cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que
Aprueban\nPrecálculo (PREM)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# DIAGRAMA DE BARRAS PRECÁLCULO
par(mar=c(4,5,4,3))
# Vector ordenado

```

```

porcpasanPREMord=rev(sort(porcpasanPREM))
# Vector redondeado
porcpasanPREMord1=round(porcpasanPREMord,digits = 1)
diabargenPREM=barplot(porcpasanPREMord1,width = 1, space = 0.4, xlab="Hora de clase (formato militar)", col = c("lightblue", "mistyrose", "lightcyan", "lavender", "cornsilk"), ylim = c(0, 100), ylab="Porcentaje de estudiantes \nque aprueban en cada hora", main="\n Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban\nPrecálculo (PREM)\nSemestres:2013-1 a 2018-1")
text(diabargenPREM, porcpasanPREMord1+4 , paste(porcpasanPREMord1,"%") ,cex=0.8)

```

9. Código en R para diagrama de Pareto y diagrama de barras de Cálculo Integral durante los semestres 2013-1 a 2018-1

```

#PARA CÁLCULO INTEGRAL
#Lectura de datos
CALI_depurada<-subset(MATE_Depurada, cod_asig=="CALI")
table(CALI_depurada$hora_ini)
require(qcc)
# PRIMER DIAGRAMA DE PARETO: Utilización general de las horas de clase de CÁLCULO INTEGRAL entre los semestres 2013-1 a 2018-1
pareto.chart(table(CALI_depurada$hora_ini))
par(mar=c(3,6,5,3))
CALI_depurada$hora_ini <-factor(CALI_Depurada$hora_ini)
pareto.chart(table(CALI_depurada$hora_ini) , xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,21000), ylab="Número de estudiantes inscritos", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2, main="Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos \nCálculo Integral (CALI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# SEGUNDO DIAGRAMA DE PARETO: CÁLCULO INTEGRAL Hora de clase versus cantidad de estudiantes que aprueban
par(mar=c(3,6,5,3))
CALI_depurada$hora_ini <-factor(CALI_depurada$hora_ini)
cantpasanCALI<-tapply(CALI_depurada$Pasa_Asig, CALI_depurada$hora_ini, FUN=sum)
pareto.chart(cantpasanCALI, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,16000), ylab="Número de estudiantes que aprueban", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban \nCálculo Integral (CALI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# TERCER DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus % de estudiantes que aprueban CÁLCULO INTEGRAL de los semestres 2013-1 a 2018-1
par(mar=c(3,6,5,4))
CALI_depurada$hora_ini <-factor(CALI_depurada$hora_ini)
porcpasanCALI<-cantpasanCALI/table(CALI_depurada$hora_ini)*100
pareto.chart(porcpasanCALI, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylab="% de estudiantes que aprueban en cada hora", ylim=c(0,620), ylab2="Porcentaje acumulado del total de sesiones", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban\nCálculo Integral (CALI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# DIAGRAMA DE BARRAS CÁLCULO INTEGRAL
par(mar=c(4,5,4,3))
# Vector ordenado
porcpasanCALIord=rev(sort(porcpasanCALI))
# Vector redondeado
porcpasanCALIord1=round(porcpasanCALIord,digits = 1)
diabargenCALI=barplot(porcpasanCALIord1,width = 1, space = 0.4, xlab="Hora de clase (formato militar)", col = c("lightblue", "mistyrose", "lightcyan", "lavender", "cornsilk"), ylim = c(0, 100), ylab="Porcentaje de estudiantes \nque aprueban en cada hora", main="\n Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban\nCálculo Integral (CALI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1")
text(diabargenCALI, porcpasanCALIord1+4 , paste(porcpasanCALIord1,"%") ,cex=0.8)

```

10. Código en R para diagrama de Pareto y diagrama de barras de Cálculo Vectorial durante los semestres 2013-1 a 2018-1

```

#PARA CÁLCULO VECTORIAL
#Lectura de datos
CALV_depurada<-subset(MATE_Depurada, cod_asig=="CALV")
table(CALV_depurada$hora_ini)
require(qcc)

```

```
# PRIMER DIAGRAMA DE PARETO: Utilización general de las horas de clase de CÁLCULO VECTORIAL
entre los semestres 2013-1 a 2018-1
pareto.chart(table(CALV_depurada$hora_ini))
par(mar=c(3,6,5,3))
CALV_depurada$hora_ini <-factor(CALV_Depurada$hora_ini)
pareto.chart(table(CALV_depurada$hora_ini) , xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,19000),
ylab="Número de estudiantes inscritos", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10),
las=2, main="Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos \nCálculo Vectorial
(CALV)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# SEGUNDO DIAGRAMA DE PARETO: CÁLCULO VECTORIAL Hora de clase versus cantidad de
estudiantes que aprueban
par(mar=c(3,6,5,3))
CALV_depurada$hora_ini <-factor(CALV_depurada$hora_ini)
cantpasanCALV<-tapply(CALV_depurada$Pasa_Asig, CALV_depurada$hora_ini, FUN=sum)
pareto.chart(cantpasanCALV, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,13000), ylab="Número de
estudiantes que aprueban", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2,
main="Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban \nCálculo Vectorial
(CALV)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# TERCER DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus % de estudiantes que aprueban CÁLCULO
VECTORIAL de los semestres 2013-1 a 2018-1
par(mar=c(3,6,5,4))
CALV_depurada$hora_ini <-factor(CALV_depurada$hora_ini)
porcpasanCALV<-cantpasanCALV/table(CALV_depurada$hora_ini)*100
pareto.chart(porcpasanCALV, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylab="% de estudiantes que aprueban
en cada hora", ylim=c(0,570), ylab2="Porcentaje acumulado del total de sesiones", cumperc=seq(0, 100,
by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban\nCálculo Vectorial
(CALV)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# DIAGRAMA DE BARRAS CÁLCULO VECTORIAL
par(mar=c(4,5,4,3))
# Vector ordenado
porcpasanCALVord=rev(sort(porcpasanCALV))
# Vector redondeado
porcpasanCALVord1=round(porcpasanCALVord,digits = 1)
diabargenCALV=barplot(porcpasanCALVord1,width = 1, space = 0.4, xlab="Hora de clase (formato
militar)", col = c("lightblue", "mistyrose", "lightcyan", "lavender", "cornsilk"), ylim = c(0, 100), ylab="Porcentaje
de estudiantes \nque aprueban en cada hora", main="\n Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que
Aprueban\nCálculo Vectorial (CALV)\nSemestres:2013-1 a 2018-1")
text(diabargenCALV, porcpasanCALVord1+4 , paste(porcpasanCALVord1,"%") ,cex=0.8)
```

11. Código en R para diagrama de Pareto y diagrama de barras de Estadística durante los semestres 2013-1 a 2018-1

```
#PARA ESTADÍSTICA
#Lectura de datos
ESTI_depurada<-subset(MATE_Depurada, cod_asig=="ESTI")
table(ESTI_depurada$hora_ini)
require(qcc)
# PRIMER DIAGRAMA DE PARETO: Utilización general de las horas de clase de ESTADÍSTICA entre los
semestres 2013-1 a 2018-1
pareto.chart(table(ESTI_depurada$hora_ini))
par(mar=c(3,6,5,3))
ESTI_depurada$hora_ini <-factor(ESTI_Depurada$hora_ini)
pareto.chart(table(ESTI_depurada$hora_ini) , xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,6700),
ylab="Número de estudiantes inscritos", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10),
las=2, main="Diagrama de Pareto de Hora de Clase vs Número de Estudiantes Inscritos \nEstadística
(ESTI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# SEGUNDO DIAGRAMA DE PARETO: ESTADÍSTICA Hora de clase versus cantidad de estudiantes que
aprueban
par(mar=c(3,6,5,3))
ESTI_depurada$hora_ini <-factor(ESTI_depurada$hora_ini)
cantpasanESTI<-tapply(ESTI_depurada$Pasa_Asig, ESTI_depurada$hora_ini, FUN=sum)
pareto.chart(cantpasanESTI, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylim=c(0,5900), ylab="Número de
estudiantes que aprueban", ylab2="Porcentaje acumulado", cumperc=seq(0, 100, by=10), las=2,
main="Hora de Clase vs Número de Estudiantes que Aprueban \nEstadística (ESTI)\nSemestres:2013-1 a
2018-1", cex.axis=0.6)
```

```

# TERCER DIAGRAMA DE PARETO: Hora de clase versus % de estudiantes que aprueban ESTADÍSTICA
de los semestres 2013-1 a 2018-1
par(mar=c(3,6,5,4))
ESTI_depurada$hora_ini <-factor(ESTI_depurada$hora_ini)
porcpasanESTI<-cantpasanESTI/table(ESTI_depurada$hora_ini)*100
pareto.chart(porcpasanESTI, xlab="Hora de clase (formato militar)", ylab="% de estudiantes que aprueban
en cada hora", ylim=c(0,640), ylab2="Porcentaje acumulado del total de sesiones", cumperc=seq(0, 100,
by=10), las=2, main="Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que Aprueban\nEstadística
(ESTI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1", cex.axis=0.6)
# DIAGRAMA DE BARRAS ESTADÍSTICA
par(mar=c(4,5,4,3))
# Vector ordenado
porcpasanESTIord=rev(sort(porcpasanESTI))
# Vector redondeado
porcpasanESTIord1=round(porcpasanESTIord,digits = 1)
diabargenESTI=barplot(porcpasanESTIord1,width = 1, space = 0.4, xlab="Hora de clase (formato militar)",
col = c("lightblue", "mistyrose", "lightcyan", "lavender", "cornsilk"), ylim = c(0, 100), ylab="Porcentaje de
estudiantes \nque aprueban en cada hora", main="\n Hora de Clase vs Porcentaje de Estudiantes que
Aprueban\nEstadística (ESTI)\nSemestres:2013-1 a 2018-1")
text(diabargenESTI, porcpasanESTIord1+4 , paste(porcpasanESTIord1,"%") ,cex=0.8)

```