

Estudio del régimen de prelaciones de la escuela de sistemas de la facultad de la ingeniería. Universidad de Los Andes

Pre-requisite of systems engineering school of the faculty of engineering of university of los andes study

Olarte Quiñones Marisela* Valladares Varela, Darliny; Pachano Azuaje Felipe.

Escuela de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes

*molarte@ula.ve

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo principal analizar las calificaciones de los estudiantes de la Escuela de Sistemas de la Facultad de Ingeniería (EISULA) en la opción Investigación de Operaciones (IO), de la Universidad de Los Andes (ULA), a fin de determinar si el Régimen de Prelación que ha venido implementándose en la carrera a lo largo de estos años está estructuralmente articulado con lo establecido. Para ello se analizó una base de datos con las calificaciones, suministrada por la Dirección de Servicios de Información Administrativa de la Universidad de los Andes (DSIA) correspondiente al período A-2004-B-2011. La técnica estadística utilizada fue Análisis de Correlación Canónica, el cual consistió en relacionar múltiples variables dependientes con múltiples variables independientes con las calificaciones de semestres consecutivos y en pares. Se aceptó la hipótesis propuesta la cual plantea que las calificaciones de las asignaturas con prelación tienen altas correlaciones, esto quiere decir que las prelaciones existentes están correctamente establecidas, considerando solamente la variable calificaciones.

Palabras Claves: Régimen de prelación, correlación canónica, estadística descriptiva, registro calificaciones.

Abstract

Analyzing the grades of the students of the systems engineering school of University of Los Andes, specifically in Researching of Operations (IO in Spanish) option, in order to find out if pre-requisite being used is structurally articulated with the correspondent one is the objective of this study. A data base, including grades, given by Dirección de Servicios de Información Administrativa (DSIA) of the University of Los Andes for the periods A2004 through B2011 was used. The statistical technique used was canonical correlation analysis which consisted on relate multiple dependent variables with multiple independent variables and with the grades from successive and paired periods. As a result, the grades with subjects with pre-requisite are highly correlated, it means that the current pre-requisite system is well established, according to the variable grades.

Key words: Pre-requisite, canonical correlation, descriptive statistics, grades.

1 Introducción

Actualmente la carrera de Ingeniería de Sistemas en la Universidad de Los Andes cuenta con tres opciones: Investigación de Operaciones, Control y Automatización y Sistemas Computacionales. La misión de la Escuela de Sistemas es formar ingenieros con conocimientos, aptitudes y habilidades para egresar profesionales íntegros con conocimientos básicos, científicos, técnicos y éticos, capaces de planificar, proyectar, mantener, supervisar y administrar planes en el área de Control y Automatización, Investiga-

ción de Operaciones y Sistemas Computacionales. (Reforma curricular de la Carrera de Ingeniería de Sistemas).

Desde sus inicios, la estructura y los contenidos programáticos de la carrera, al igual que el régimen de prelación, no han sido revisados en profundidad y con la periodicidad requerida, de aquí surge el interés de conocer más acerca del régimen de prelaciones.

El desarrollo de esta investigación se asienta en el estudio de las calificaciones promedio de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Sistemas, de la Universidad de los Andes, durante el período A-2004 -B-2011 con el fin de establecer el comportamiento del régimen de prela-

ción que ha venido implementándose en la escuela a lo largo de estos años y poder constatar si las prelacones están correctamente establecidas.

A través de la técnica estadística Análisis de Correlación Canónica se analizaron las calificaciones de las asignaturas desde el ciclo básico hasta el ciclo profesional de aquellos estudiantes con todas las asignaturas aprobadas, es decir, estudiantes con el proyecto de grado inscrito. Por otro lado se eliminaron las asignaturas electivas del ciclo profesional, así como también la inducción al servicio comunitario y el servicio comunitario como tal. Es preciso resaltar que el análisis de correlación Canónica es una técnica que permite estudiar la relación entre múltiples variables independientes y múltiples variables dependientes.

Antecedentes.

Previo al desarrollo de este estudio se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica para conocer más sobre el régimen de prelación de asignaturas, más no se encontró información referente al mismo. Sin embargo, este tema guarda estrecha relación con la calidad y productividad académica, tal y como lo expone Orozco (2007), tal que la calidad actúa como una síntesis de múltiples dimensiones, compuesta por talento, calidad de profesores y estudiantes, uso de recursos físicos y financieros, procesos de organización, gestión y bienestar estudiantil y profesoral, altamente relacionado con el régimen de prelacones que debidamente diseñado, genera egresados de calidad y mejora la productividad nacional.

Albornoz (1996) estudió la calidad de la Educación Superior a través de la productividad, rendimiento y competitividad académica del personal docente en América Latina y El Caribe, intentó caracterizar el perfil del personal docente y de investigación de las universidades de la región, en función de la calidad de la institución, tomando como eje el concepto de productividad científica y tecnológica, pero sin dejar de considerar que la docencia en sí, el trabajo de aula, es tan importante como la tarea de investigación.

Salas (2000) analiza cómo la excelencia y calidad académicas constituyen elementos claves y controversiales en la educación superior y las diferentes variables que en ella intervienen coadyuvan a elevar el nivel cognitivo. Se fundamenta cómo para incrementar la calidad del proceso universitario se precisa de una gestión académica eficaz y eficiente, la capacidad de autoevaluación, así como el intercambio y cooperación interuniversitaria e intersectorial.

Sánchez (2007) realiza el diagnóstico y evaluación de los dispositivos desarrollados para la medición de la calidad y productividad en la docencia con el propósito de diseñar e implementar un sistema de medición con base en las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, utilizando indicadores, con aplicación en ambiente Web, que permita toma de decisiones con suficiente base científica y tecnológica, en la docencia, dirigidas a mejorar la calidad y productividad.

2 Planteamiento del problema

La ingeniería de sistemas se inició en Venezuela, como carrera y como una disciplina académica, con la creación del Departamento de Ingeniería de Sistemas en la Universidad de los Andes en Septiembre de 1970. En mayo de 1973, se introdujo el proyecto de transformación de éste Departamento a Escuela ante el Consejo Nacional de Universidades, el cual fue aprobado en Junio de 1974.

El plan de estudios actual de la carrera Ingeniería de Sistemas, tal como se conoce hoy día, está vigente desde el año 1974, tiene una duración de diez semestres, desarrollada con el sistema de período-unidades-prelacones. En cada período se permite, al estudiante, un máximo de 22 unidades correspondientes a una media de 4 materias por período y algunas prelacones de materias. (Reforma curricular de la carrera Ingeniería de Sistemas).

El plan de estudios, el régimen de prelación no ha sido sometido a revisión a pesar de que constituye un tema de suma importancia a nivel de todas las carreras.

En aras de ser cada día mejores y continuar capacitando de manera integral a los futuros profesionales de nuestro país y, teniendo en cuenta que la estructura de la carrera desde su implementación en 1974 sólo ha sido sometido a ciertas modificaciones más no se le han realizado revisiones a profundidad y con la regularidad necesaria, surgió la inquietud de conocer la pertinencia del régimen de prelacones que se ha venido implementando en la EISULA, a los largo de estos años, a fin de verificar mediante las calificaciones definitivas en las diversas asignaturas si las prelacones actuales están discretamente establecidas.

Objetivo General

Realizar un estudio sobre la pertinencia del Régimen de Prelaciones de las asignaturas dictadas en la Escuela de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, utilizando las calificaciones definitivas de los alumnos durante el período A-2004 y B-2011, así como el promedio de las calificaciones cuando el estudiante cursó la materia en dos ó más ocasiones, con la técnica estadística Análisis de Correlación Canónica.

3 Marco Teórico

Conceptos Básicos

Régimen:

Conjunto de normas que gobiernan o rigen una cosa o una actividad.

Prelación:

Antelación o preferencia con que algo debe ser atendido respecto de otra cosa con la cual se compara.

Asignatura:

Cada una de las materias que se enseñan en un centro docente o forman un plan académico de estudios.

Calificación:

Acción de evaluar cualidades o capacidades de un individuo, realizar un juicio de valor o establecer el nivel de suficiencia de los saberes que los alumnos evidencian al realizar exámenes o determinados ejercicios.

Flujograma:

Un diagrama de flujo o flujograma es la representación gráfica de las materias que deben y tienen que ser cursadas en serie y/o paralelo, semestre a semestre para la prosecución de las diferentes carreras.

Hipótesis

Sea π la proporción poblacional y $p = \frac{x}{n}$ la proporción muestral y para $\alpha = 0.05$; partimos del supuesto que la proporción poblacional es mayor o igual que el 75%, es decir, que el número de prelacones establecidas en el flujograma vigente es mayor o igual que el número de prelacones encontradas con las relaciones canónicas, con un nivel de significación de 0.05, se propone la siguiente hipótesis.

$$H_0: \pi \geq 0.75$$

$$H_1: \pi < 0.75 \quad (1)$$

4 Software utilizado**Microsoft Excel 2010**

Es una aplicación que posee una interfaz intuitiva, con herramientas de cálculos y gráficos de muy fácil uso. Este programa es desarrollado y distribuido por Microsoft, se encuentra integrado en el conjunto ofimático de programas Microsoft office.

En el desarrollo del proyecto se utilizó en la depuración de la base de datos.

IBM SPSSStatistics 19

Es el paquete estadístico de referencia concebido para el análisis de datos en ciencias sociales, su potencia y la cantidad de pruebas disponibles le convierten en el programa de elección para cualquier escenario que requiera predicciones rápidas y fiables. Todos los análisis se llevan a cabo a través de cuadros de diálogo con un excelente diseño. La interfaz de PASWStatistics facilita la introducción de un gran volumen de datos y variables. Una vez que se eje-

cuten pruebas, mostrará los resultados en un visor aparte junto a los gráficos. Desde allí se pueden copiar y pegar a otros programas ó exportar en formato PDF o DOC.

Este paquete estadístico fue empleado para realizar la estadística descriptiva univariante y analizar la normalidad (medias, desviaciones, varianzas y coeficientes de asimetría de Pearson) de las variables en estudio en las tres opciones de la carrera y así observar el comportamiento de las mismas.

SAS

El paquete SAS (Statistical Analysis System) es un lote de programas para el análisis de datos. Consta de un conjunto de módulos capaces de generar resultados de diferentes procesos como regresión, análisis de varianza, estadística básica, distribución de frecuencias, procedimientos multivariados, etc.

Esta herramienta permitió realizar el Análisis de Correlación Canónica, resultó ser el paquete que mayor información arrojó sobre esta técnica estadística.

Análisis de correlación canónica

El análisis de correlaciones canónicas es un método desarrollado por Hotelling. Este investigador estudió en 1936 la relación entre resultados de test de capacidad intelectual y medidas físicas de un grupo de personas. Hotelling pretendía investigar las relaciones entre ambos conjuntos de variables y conocer cuántas dimensiones independientes tenía la relación existente entre ellas. (Peña 2002)

El Análisis de Correlación Canónica es una técnica de análisis multivariante relativamente desconocida, es similar a otras técnicas multivariantes, sólo que ésta involucra múltiples variables tanto independientes como dependientes.

Señala (Hair, 1999) que “el análisis de correlación canónica es un modelo estadístico multivariante que facilita el estudio de las interrelaciones entre múltiples variables criterio (dependientes) y múltiples variables predictoras (independientes); predice simultáneamente múltiples variables dependientes a partir de múltiples variables independientes”.

Por su parte (Hernández, 1998) expresa que “El Análisis de Correlación Canónica busca en primer lugar, dos combinaciones lineales o sumas ponderadas llamadas variables canónicas: una formada por las p variables criterio y otra con las m variables predictoras, tal que la correlación lineal entre ellas (llamada correlación canónica) sea lo más grande posible”.

Guisande (2006), ha señalado con respecto al Análisis de Correlación Canónica que este método consiste en encontrar dos variables $A = a_1x_1 + \dots + a_nx_n$, $B = b_1y_1 + \dots + b_ny_n$ entre las cuales la correlación sea máxima. Estas variables propuestas se llamarán variables canónicas. El análisis calculará varias correlaciones canónicas, cada una de ellas con un par de variables A y B. En concreto, calculará tantas variables canónicas como número de variables tenga el grupo más pequeño (el de las <<x>> o el de las <<y>>), aunque

sólo las primeras tienen interés práctico.

Propiedades de las variables y correlaciones canónicas.

El procedimiento que hemos expuesto proporciona r variables canónicas cuyas propiedades vamos a resumir brevemente. (Peña, 2002).

- .- Las variables canónicas son indicadores de los dos conjuntos de variables que se definen por partes, con la condición de máxima correlación.
- .- Los coeficientes de las variables canónicas son los vectores propios ligados al mismo valor propio de las matrices $V_{ii}^{-1/2} V_{ij} V_{jj}^{-1} V_{ji}$, para $i=1,2$ y $i \neq j$.
- .- Las correlaciones canónicas, λ_i^2 , son el cuadrado del coeficiente de correlación entre las dos variables canónicas correspondientes.
- .- Las correlaciones canónicas son invariantes ante transformaciones lineales de las variables.
- .- La primera correlación canónica, λ_1^2 , es mayor o igual que el mayor coeficiente de correlación simple al cuadrado entre una variable de cada conjunto.

Supuestos básicos de la correlación canónica

Supuesto de linealidad

El supuesto de linealidad afecta a dos aspectos de los resultados de la correlación canónica. Primero, el coeficiente de correlación entre dos variables cualesquiera está basado en una relación lineal. Si la relación no es lineal, entonces se debe transformar una o ambas variables, si fuera posible. Segundo, la correlación canónica es la relación lineal entre los valores teóricos.

Supuesto de normalidad

Se puede emplear cualquier variable métrica sin que cumpla estrictamente este supuesto, se pueden utilizar incluso variables no-normales. Sin embargo se sugiere normalidad multivariante para los contrastes de significación de inferencia estadística de cada función canónica. Aunque no se requiere estricta normalidad es recomendable que se compruebe en todas las variables y que se transformen si fuese necesario. Dado que los contrastes de normalidad multivariante no se pueden encontrar fácilmente, la línea a seguir es asegurar que cada variable presenta normalidad univariante.

Homocedasticidad

Es un supuesto acerca de que las variables dependientes muestren iguales niveles de varianza a lo largo del rango del predictor de las variables. La homocedasticidad es deseable porque la varianza dependiente que se está tratando de explicar en relación de dependencia no debería con-

centrarse sólo en un limitado rango de los valores independientes y por lo tanto disminuye la correlación entre las variables (Hair, 1999), aunque para casos multivariantes no hay un método que pueda aplicarse con los programas estadísticos usuales.

Obtención de las funciones canónicas

El primer factor extraído explica la máxima cantidad de varianza en el conjunto de variables. Después se calcula el segundo factor para que explique lo máximo posible a la varianza no explicada por el primer factor, y así sucesivamente, hasta que todos los factores hayan sido considerados. Por lo tanto, los posteriores factores se calculan a partir de los residuos o de la varianza restante de los primeros factores. (Hair, 1999).

Funciones Canónicas a interpretar

La práctica más común es analizar funciones cuyos coeficientes de correlación canónica son estadísticamente significativos para un nivel, normalmente 0.05 o mayor. Si se consideran no significativas otras funciones independientes, estas relaciones entre las variables no se interpretan. Los autores creen que el uso de un único criterio como el nivel de significación es demasiado superficial. En lugar de esto recomiendan los siguientes tres criterios (Hair, 1999).

Nivel de significación

El nivel de significación de una correlación canónica que generalmente se considera como el mínimo aceptable para la interpretación, es el nivel 0.05, que (junto con el nivel 0.01) se ha llegado a convertir en el nivel más habitualmente aceptado para considerar que un coeficiente de correlación es estadísticamente significativo. El contraste más habitualmente utilizado es el estadístico F, basado en la aproximación de Rao porque es una medida de cuánta varianza es atribuible a las diferentes variables independientes frente a la varianza esperada de las variables dependientes.

Muchas de las medidas existentes para valorar la significación de las funciones discriminantes, incluyendo lambda de Wilks, la traza de Hotelling, la traza de Pillai y la mayor raíz de Roy, también se pueden usar para la toma de decisiones, ya que permiten establecer un contraste estadístico del valor teórico formado por las variables dependientes que generan mayor diferencia entre los grupos.

Magnitud de las relaciones canónicas

La significación práctica de las funciones canónicas, representada por el tamaño de las correlaciones canónicas, se debe tener en cuenta para decidir qué funciones interpretar. La decisión se basa habitualmente en la contribución de los resultados para una mejor comprensión del problema investigado. Las cargas factoriales significativas podrían ser

útiles en las correlaciones canónicas, particularmente cuando se considera que las correlaciones canónicas se refieren a la varianza explicada con los valores teóricos canónicos (combinaciones lineales), y no con las varianzas originales. (Hair, 1999)

Medida de la redundancia de la varianza compartida.

Este índice de redundancia calcula la cantidad de varianza de un conjunto de variables que puede ser explicada por el otro conjunto. El cálculo del índice de redundancia es un proceso de tres pasos: (Hair, 1999)

Cantidad de varianza compartida

Para calcular la cantidad de varianza compartida en el conjunto criterio incluida en el valor teórico canónico criterio, consideremos primero como se calcula el estadístico R^2 de la regresión. El R^2 , en el caso canónico, es la correlación entre el valor teórico canónico criterio y cada una de las variables criterio. Tal información puede ser obtenida a partir de las cargas criterio (U_1), que representan la correlación entre cada variable criterio y su propio valor teórico. Elevando al cuadrado cada una de las cargas criterio (U_1^2), se puede obtener una medida de la variación en cada una de las variables criterio explicada por el valor teórico canónico criterio. Para calcular la cantidad de varianza compartida explicada por el valor teórico canónico, se calcula el promedio de las cargas al cuadrado.

La cantidad de varianza explicada

Este paso comprende el porcentaje de la varianza en el valor teórico canónico criterio que pueda ser explicado por el valor teórico canónico predictor, es decir, simplemente la correlación al cuadrado entre valor teórico predictor y el valor teórico canónico criterio, que se conoce de otra forma como la correlación canónica. A la correlación canónica al cuadrado se le denomina R^2 canónico.

El índice de redundancia

Se calcula multiplicando la varianza compartida del valor teórico por la varianza explicada, obteniéndose la cantidad de varianza compartida que puede ser explicada por cada función canónica. Una alta correlación canónica por sí sola no asegura una valiosa función canónica. Se calculan índices de redundancia para el valor teórico dependiente ya que proporciona una medida más real de la capacidad predictiva de las relaciones canónicas.

Interpretación del valor teórico canónico

La realización de estas interpretaciones comprende el examen de las funciones canónicas para determinar la importancia relativa de cada una de las variables originales en

las relaciones canónicas. Se proponen tres métodos: (Hair, 1999)

Ponderaciones o coeficientes canónicos

El enfoque tradicional para interpretar las funciones canónicas comprende el examen del signo de la magnitud de la ponderación canónica asociada a cada variable en su valor teórico canónico. Las variables con ponderaciones relativamente mayores contribuyen más al valor teórico y viceversa. Igualmente, las variables cuyas ponderaciones tienen signos contrarios presentan una relación inversa unas de otras, y las variables con ponderaciones del mismo signo presentan una relación directa.

Sin embargo, una ponderación pequeña puede significar o bien que su correspondiente variable es irrelevante para explicar la relación o bien que ha sido apartada de la relación debido a un alto grado de multicolinealidad, la cual representa el grado en el que cualquier efecto de una variable puede ser prevista o explicada por otras variables del análisis. (Hair, 1999)

Cargas canónicas

Las cargas canónicas también denominadas correlaciones de estructura canónica, miden la correlación lineal simple entre una variable original observada del conjunto dependiente o independiente y el valor teórico canónico del conjunto. Las cargas canónicas reflejan la varianza que la variable observada comparte con el valor teórico canónico, y puede ser interpretada como una carga factorial para valorar la contribución relativa de cada variable a cada función canónica. Se considera cada función canónica independiente de forma separada, y se calcula la correlación dentro del conjunto entre variable y valor teórico. Cuanto mayor sea el coeficiente, mayor es la importancia que tiene para calcular el valor teórico canónico (Hair, 1999)

Cargas cruzadas

Este procedimiento consiste en correlacionar cada una de las variables dependientes originales observadas directamente con el valor teórico canónico independiente, y viceversa. En las cargas cruzadas cada variable independiente está correlacionada con el valor teórico dependiente en lugar de con una única variable dependiente. Las cargas cruzadas proporcionan una medida más directa de las relaciones entre las variables dependientes e independientes eliminando un paso intermedio incluido en las cargas convencionales. El método preferido para la interpretación de las funciones canónicas es el de las cargas cruzadas. (Hair, 1999)

Pruebas para medir la significancia de los coeficientes

El estadístico F compara la variabilidad debida a las di-

ferencias entre grupos con la debida a las diferencias dentro de los grupos. Cuanto mayor sea el valor de F y menor su significación, es mayor la probabilidad de que existan diferencias significativas entre los grupos. (Rodríguez, 2002)

Es de gran aplicación en la contrastación de la igualdad de varianzas de dos poblaciones normales, y fundamentalmente en el análisis de la varianza, técnica que permite detectar la existencia o inexistencia de diferencias significativas entre muestras diferentes y que es, por tanto esencial, en todos aquellos casos en los que se quiere investigar la relevancia de un factor en el desarrollo y naturaleza de una característica.

La distribución se plantea partiendo de dos variables X e Y tales que:

$$Y \sim \chi^2_n \tag{2}$$

$$X \sim \chi^2_m \tag{luego}$$

$$F = \frac{\frac{X}{m}}{\frac{Y}{n}}$$

El cociente genera una función F o distribución F de Snedecor con m y n grados de libertad; es decir una

$$F_{m,n} \text{ (UV)}. \tag{3}$$

5 Marco metodológico

En esta sección se presentan los modelos y se analizan los resultados obtenidos siguiendo los pasos previamente descritos.

Estadística descriptiva

Se encarga de la recolección, organización, condensación y presentación de datos en tablas y gráficos para el posterior cálculo de medidas descriptivas numéricas así como su interpretación.

Estadística descriptiva univariante

Este análisis se realizó a todas las materias del Básico y profesional en la opción Investigación de Operaciones con el fin de conocer el comportamiento de las variables en estudio, arrojando información sobre la desviación estándar, rango, mínimo, máximo, media, y varianza. (Olarte, 2002)

Prueba de Normalidad

Se realizó prueba de normalidad a cada una de las va-

riables en estudio usando el paquete estadístico SPSS, llegando a la conclusión de que todas las variables, tanto las del Ciclo Básico como las de la Opción Investigación de Operaciones siguen un comportamiento normal. (Olarte, 2002). Además gráficamente se pudo corroborar.

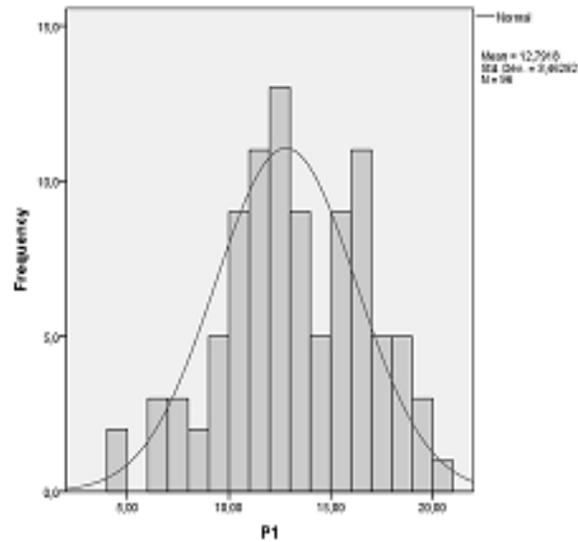


Fig.1– Normalidad Programación 1-2

Análisis de Correlación Canónica Semestres 1-2

Es importante señalar que este estudio se realizó a todos las calificaciones de los semestres consecutivos desde el 1 hasta el 9 anteriormente descritos. Las materias se codificaron para un mejor manejo tanto de los datos como de la información.

Tabla 1 - Correlaciones entre semestre 1(variables independientes) y semestre 2 (variables dependientes)

	P2	C20	F11	Q
C10	0.5289	0.5370	0.6162	0.5739
P1	0.5435	0.4675	0.6238	0.5379
S10	0.2858	0.4259	0.4085	0.3084
IS	0.3581	0.1091	0.2546	0.2570
EL	0.2062	0.1646	0.2037	0.2414

Las notas de los estudiantes en Programación 1 y Cálculo10 del semestre 1 inciden directamente en las notas de Física11 del semestre 2,

Obtención de las funciones canónicas y valoración del ajuste global.

Correlaciones canónicas entre semestres 1 y 2

Dado que el vector aleatorio Y (notas de segundo semestre) está formado por 4 variables y el vector aleatorio X (notas del primer semestre) está formado por 5 variables, tenemos cuatro correlaciones canónicas. Para determinar el número de funciones canónicas a incluir en el estudio (1, 2,

3 o 4) utilizamos

a.- El nivel de significancia estadística, b.- La significación práctica y c.- Los coeficientes de redundancia.

a.- El nivel de significancia estadística:

Tabla 2 - Contraste de significancia variables semestres 1-2

	Ratio de verosimilitud	Valor F aproximado	Num DF	Den DF	Pr > F
1	0.30508077	3.37	20	156.83	<.0001
2	0.86639640	0.59	12	127.29	0.8464
3	0.98596944	0.12	6	98	0.9944
4	0.99558677	0.11	2	50	0.8953

Estadísticos de múltiples variables y aproximaciones F					
Estadístico	Valor	F-Valor	Num DF	Den DF	Pr > F
Lambda de Wilks	0.30508077	3.37	20	156.83	<.0001
Traza de Pillai	0.78322170	2.43	20	200	0.0009
Traza Hotelling-Lawley	1.99209082	4.58	20	96.195	<.0001
Raíz más grande de Roy	1.83989192	18.40	5	50	<.0001

NOTA: El estadístico F para la raíz mayor de Roy es un límite superior.

En la tabla 2 se observa que existe sólo un par de variables canónicas significativas, ya que Pr<F.

b.- Significancia práctica:

En la tabla 3 se puede observar que el mayor coeficiente de determinación (correlación canónica) corresponde al par de variables canónicas U₁, V₁, tal que, el 64.79% de la varianza de la variable canónica semestre 2, fue explicada por la varianza de la variable canónica semestre 1, ya que R² = 0.647874.

Tabla 3 - Análisis de correlación canónica variables semestres 1-2

	Correlación canónica	Error canónica ajustada	Correlación estándar aproximado	Correlación canónica cuadrada
1	0.804906	0.778937	0.047481	0.647874

Autovalores de Inv(E)*H
= CanRsq/(1-CanRsq)

Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	1.8399	1.7019	0.9236 0.9236

c.- Análisis de redundancia:

El coeficiente de redundancia se halla multiplicando la varianza compartida por la cantidad de varianza explicada.

c.1. Varianza compartida:

Interesa la correlación entre cada variable canónica de-

pendiente y cada una de las variables originales dependientes

Tabla 4 - Correlación entre variables semestre 2 y su variable canónica

Materias	V1
C20	0.6700
P2	0.6857
Q	0.7414
F11	0.8772

Estas correlaciones simples también reciben el nombre de cargas canónicas y reflejan la varianza que las variables originales observadas (Cálculo20, Programación2, Química, Física11), comparten con el valor teórico canónico y puede ser interpretada como una carga factorial para valorar la contribución relativa de cada variable dependiente original con la variable canónica.

Para calcular la cantidad la cantidad de varianza compartida explicada por cada variable canónica, se halla la media de las cargas al cuadrado, así para la variable canónica obtenida tenemos:

$$\text{Varianza compartida} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i^2}{n} = \quad (4)$$

$$(0.6700^2+0.6857^2+0.7414^2+0.8772^2)/4=0.5596$$

c.2 Cantidad de varianza explicada:

Corresponde a la correlación al cuadrado del par de variables canónicas, es decir, el R². En este caso R²= 0.6479.

Así, teniendo estos dos valores procedemos a calcular el coeficiente de redundancia.

Como resultó significativa una sola variable canónica entonces calculamos solo un coeficiente de redundancia.

$$\text{CR} = (0.5596) * (0.6163) = 0.3449 \quad (5)$$

La tabla 5 muestra un resumen de la varianza explicada y el coeficiente de redundancia. El análisis de redundancia indica que la variable canónicas semestre 1, explica el 34.49% de la varianza de las notas del semestre 2.

Tabla 5 - Resumen de la varianza explicada y el coeficiente de redundancia para variables semestres 1-2.

Número de la variable	Proporción	Proporción acumulada	R - Cuadrado Canónico	Coeficiente de redundancia	Proporción acumulada
1	0.5596	0.5596	0.616325	0.3449	0.3449

Interpretación de los valores teóricos canónicos

La interpretación de los valores teóricos comprende el examen de las funciones canónicas para determinar la importancia relativa de cada una de las variables originales en las relaciones canónicas. Hay tres métodos: a.- ponderaciones canónicas (coeficientes estandarizados), b.- cargas canónicas y c.- cargas cruzadas.

a.- Ponderaciones canónicas.

Una vez definida la función canónica a interpretar, encontramos los coeficientes de combinación lineal de cada una de las variables canónicas U_1 y V_1 que tienen la máxima correlación.

Tabla 6 - Coeficientes canónicos estandarizados para variables semestres 1

Materias	U1
C10	0.4082
P1	0.5855
S10	0.0694
IS	0.0128
EL	0.2102

Tabla 7 - Coeficientes canónicos estandarizados para semestre 2

Materias	V1
C20	0.1306
P2	0.2998
Q	0.3158
F11	0.5389

Del resultado obtenido con las variables estandarizadas que se plantea el siguiente par funciones canónicas.

$$V_1 = 0.1306C_{20} + 0.2998P_2 + 0.3158Q + 0.5389F_{11}$$

$$U_1 = 0.4082C_{10} + 0.5855P_1 + 0.0694S_{10} + 0.0128IS + 0.2102EL$$

(6)

b.- Cargas canónicas

Tabla 8 - Correlaciones entre semestres 1 y sus variables canónicas

Materias	U1
C10	0.8266
P1	0.9156
S10	0.5735
IS	0.5055
EL	0.3718

Tabla 9 - Correlaciones entre semestre 2 y sus variables canónicas

Materias	V1
P2	0.6700
C20	0.6857
F11	0.7414
Q	0.8772

Reflejan la varianza que la variable observada comparte con el valor teórico canónico, en este caso en el semestre 1, la mayor carga factorial, está concentrada en Programación 1. En el semestre 2 la mayor carga se refleja en Química.

c.- Cargas cruzadas

Tabla 10 - Correlaciones entre variables semestre 1 y las variables canónicas semestre 2.

Materias	U1
C10	0.6489
P1	0.7188
S10	0.4503
IS	0.3969
EL	0.2997

Tabla 11 - Correlaciones entre variables semestre 2 y las variables canónicas semestre 1

Materias	V1
P2	0.5260
C20	0.5383
F11	0.5820
Q	0.6887

Consiste en correlacionar cada una de las variables dependientes con el valor canónico independiente. El mayor aporte se observa en Programación 1 seguida de Cálculo 10, respecto a las notas semestre 2. Y también Química relacionada con notas materias semestre 1.

Análisis de los resultados semestres 1 y 2

De las tablas 6 hasta 11, se puede observar que P1 y C10 representan el mayor aporte como variables independientes y marcan las calificaciones de los estudiantes en Q, F11, C20 y P2, para el semestre 2, presentando una relación directa positiva. El desempeño de los estudiantes en las materias Sistemas representación 10, Ingeniería de Sistemas y Electiva del semestre 1, no influyen en el desempeño para el semestre 2.

Observando la tabla 10, las cargas cruzadas de las variables independientes semestre 1, P1(0.7188) y C10(0.6489) tienen altas correlaciones con el valor teórico canónico cri-

terio. De aquí se observa que el 51.67% de P1 y 42.11% de C10 de la varianza de cada una de estas dos variables explican el valor teórico criterio.

En forma análoga se realizó el procedimiento para los semestres 2-3, 3-4, 4-5, 5-6,6-7, 7-8 y 8-9.

Se encontraron 38 coincidencias entre lo estudiado y lo establecido en el flujograma, es decir de las prelacones establecidas y las encontradas por la correlación canónica

Bondad de Ajuste de la hipótesis (Olarde, 2006).

Retomando lo expuesto en (1)

$$H_0: \pi \geq 0.75 \quad (7)$$

$$H_1: \pi < 0.75$$

$$\text{Sea } p = \frac{38}{46} = 0.82 \text{ y } \sigma_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = \sqrt{\frac{0.82 \cdot 0.18}{46}} = 0.06 \quad (8)$$

Estadística de prueba

$$Z_c = \frac{p - \pi_0}{\sigma_p} = 1.17 \quad (9)$$

Es una prueba de cola inferior, por lo tanto $Z_\alpha = Z_{0.05} = -1.645$ por lo tanto $Z_c = 1.17$ (9) cae zona de aceptación por lo tanto se acepta H_0 , es decir, que las prelacones establecidas en el flujograma vigente, es mayor o igual que la proporción de prelacones encontradas con el Análisis de Correlación Canónica.

6 Conclusiones

Las bases de datos suministradas tanto por OREFI como por DSIA contienen información diferente respecto a las notas y materias cursadas por los estudiantes y deberían ser iguales ya que inicialmente se realizó un exhaustivo de ambas bases y son disímiles. Se trabajó con los datos de DSIA a los cuales se les realizó una depuración meticulosa.

El análisis descriptivo de los datos muestra la tendencia normal de las calificaciones por asignaturas en forma independiente.

Se probaron 3 paquetes estadísticos (SAS, SPSS y R), pudiéndose corroborar que el SAS es el que arroja mayor información para el análisis de correlación canónica.

La técnica estadística Análisis de Correlación Canónica resultó adecuada para este tipo de estudio puesto que se contemplaron múltiples variables dependientes e independientes.

Las notas de los estudiantes, resultó aceptable para determinar la pertinencia de las prelacones establecidas en el flujograma vigente de la carrera de Ingeniería de Sistemas.

Se cumplió la Hipótesis propuesta de que las calificaciones de las asignaturas con prelacones tienen altas correlaciones.

Las prelacones establecidas en el flujograma vigente y que no presentaron altas correlaciones son las siguientes:

Programación 2 y Arquitectura de Computadoras

Programación 2 y Análisis Numérico.

Física 21 y Laboratorio de Física.

Cálculo 40 y Matemáticas Discretas.

Matemáticas Discretas y Diseño y Análisis de Algoritmos.

Investigación de Operaciones 1 e Investigación de Operaciones 3.

Matemáticas Discretas y Modelado y Simulación 2.

Elementos de Economía y Evaluación de Proyectos

7 Recomendaciones

Plasmar de manera clara y precisa cuales son los criterios bajo los cuales se establecen las prelacones a fin de considerar las prelacones vigentes pero que no presentan correlación en el estudio.

Incluir más variables que puedan aportar mayor información al estudio, tales como: número de repeticiones de las asignaturas, tiempo de permanencia en la carrera, edad, sexo, profesor, número de estudiantes aprobados, número de estudiantes reprobados, etc.

Ampliar la base de datos para las opciones Control y Automatización y Sistemas Computacionales ya que los datos eran insuficientes.

Aplicar este tipo de estudio a las diferentes Escuelas de la Facultad de Ingeniería agregando otras variables que aporten otro tipo de información.

Realizar pruebas de sensibilidad de los resultados con la eliminación de una variable dependiente y/o independiente

Por último se sugiere que se estandarice y se actualice la información de OREFI y DSIA ya que se cuenta con recursos humanos y tecnológicos que permitan obtener información confiable sobre el desempeño académico del estudiante.

Referencias

- Albornoz O, 1996, Calidad de la Educación Superior. La cuestión de la productividad, rendimiento y competitividad académica del personal docente y de investigación en América Latina y El Caribe. Ministerio de la Educación Superior de La República de Cuba, pp. 1-21.
- Guisande G, Barreiro F, Maneiro E, & Riveiro A, 2006, Tratamiento de Datos. Colombia: Diaz de Santos.
- Hair Joseph 1999. Análisis Multivariante. Madrid, España: Prentice-Hall.
- Hernández O, 1998, Temas de Análisis Estadístico Multivariante. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Olarde M, 2002, Problemario de Estadística. Problemas resueltos y propuestos. Trabajo como credencial para optar a la categoría de profesora agregado.
- Orozco S L, 2007, Calidad académica y relevancia social de la educación superior en América Latina. Revista Iberoame-

ricana de Educación Superior (RIES0, 32-47.

Peña D, 2002, Análisis de datos Multivariantes. Madrid, España: McGrawHill España

Rodríguez M, & Morar C, 2002, Estadística Informática Casos y Ejemplos con el SPSS. Alicante, España: Servicios de Publicaciones.

Salas P, 2000, La calidad en el desarrollo profesional avances y desafíos Educ Med Superior. Rev cubana Med Sup, pp. 136-47.

Sánchez F V, 200, Calidad y Productividad en la Docencia Universitaria. 5thLatin American Caribbean Conference for Engineering and Technology, pp. 1-3.

Valladares Varela, Darliny: Ingeniero de Sistemas opción Investigación de Operaciones. Universidad de Los Andes, 2012). Correo electrónico: darlingvall@hotmail.com

Pachano Azuaje Felipe: Profesor Asociado – Universidad de Los Andes, Venezuela. Universidad del Sur de Florida. Tampa, Florida, E.U.A. Título: Doctor en Filosofía en el Programa de Ingeniería Industrial. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Título: M S. en Estadística Aplicada. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Título: Ingeniero de Sistemas. Correo electrónico: pachano@ula.ve

Recibido: 02 de mayo de 2013

Revisado: 05 de marzo de 2014

Olarte Quiñones Marisela: Ingeniero de Sistemas, Mención Investigación de Operaciones. Universidad de Los Andes. Postgrado: Instituto de Estadística Aplicada y Computación (I.E.A.C.), Facultad de Economía. Universidad de Los Andes.