

# **Libro de las V JORNADAS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA**

Desafíos y Avances en los Procesos Educativos en el  
Contexto Actual



**Facultad de Ingeniería**  
Universidad Nacional de Jujuy











**V Jornadas de  
Innovación Educativa**  
**Facultad de Ingeniería**





V Jornadas de Innovación Educativa : desafíos y avances en los procesos educativos en el contexto actual / Delicia Acosta ... [et al.]  
compilado por José Vidal Zapana. -  
1a ed . - San Salvador de Jujuy : Universidad Nacional de Jujuy, 2020.  
CD-ROM, PDF

**ISBN 978-987-3926-64-8**

1. Tecnología Educativa. I. Acosta, Delicia II. Vidal Zapana, José, comp.  
CDD 370.7



San Salvador de Jujuy – Argentina

Queda prohibida la reproducción total o parcial del contenido de la presente obra, por cualquier medio o procedimiento, sin el consentimiento previo del titular del copyright





## **Autoridades de la Facultad de Ingeniería**

Decano: Ing. Gustavo A. Lores  
Vicedecano: Ing. Alejandro Vargas  
Secretario de Extensión Coordinación y Planificación: Ing. Julio Tentor  
Secretaria de Ciencia y Técnica: Dra. Julia Santapaola  
Secretario Académico: Ing. Graciela Lazarte  
Secretaria de Administración: Esp. Lic. Estefanía González

## **Comisión Organizadora**

Adelma Beatríz Grageda  
Carlos Condorí  
Germán David Maclis  
Gustavo Sebastián Sosa  
Héctor Ramón Tarifa  
José Luis Medina  
José Vidal Zapana  
Julia Eleonora Santapaola  
Luciana Saluzzo  
Margarita Ivanovich  
María Esther Alfaro  
Nilda M. Pérez Otero  
Patricio Omar Condorí  
Sergio Omar Madregal  
Soledad Carolina González  
Teresa Antequera  
Verónica Marisel Torres



# Índice

## EJE TEMÁTICO 1: ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE POR COMPETENCIAS EN CARRERAS DE INGENIERÍA.

<b>DESARROLLO UNA EXPERIENCIA DE TRANSVERSALIDAD – DEL LABORATORIO A LA PLANTA PILOTO.....</b>	<b>2</b>
Desarrollo una experiencia de transividad.....	2
Objetivo General .....	2
Introducción .....	3
La Experiencia en Laboratorio: Determinación del coeficiente de Reparto.....	4
La Experiencia en la Planta Piloto.....	5
Metodología de Trabajo .....	5
Conclusiones .....	7
Referencias Bibliográficas.....	8
Anexo Figuras .....	9
<b>EL MAPA CURRICULAR 2.0 EN LA ENSEÑANZA POR COMPETENCIAS .....</b>	<b>24</b>
Introducción .....	24
Análisis de la actividad realizada .....	25
Marco Teórico .....	28
Características de un mapa curricular 2.0 .....	29
Conclusiones .....	30
Referencias.....	30
<b>EL ROL DEL INGENIERO EN ÁMBITOS NO INDUSTRIALES: COMPETENCIAS NECESARIAS PARA SU DESEMPEÑO.....</b>	<b>32</b>
Introducción .....	32
Materiales y métodos.....	33
Diseño del Estudio de Caso .....	33
Recopilación de la información .....	34
Conclusiones .....	34
Resultados y discusión.....	34
Conclusiones .....	38
Referencias.....	38
<b>ENSEÑANZA POR COMPETENCIAS EN UNA MATERIA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>	<b>40</b>
Introducción .....	40

Enseñanza por Competencias .....	41
Modelo Pedagógico.....	41
Evaluación de la Parte Práctica.....	44
Formación de Grupos.....	45
Capacitación en Trabajo Colaborativo.....	46
Resultados Obtenidos .....	46
Registro de Clase y Entrevistas.....	47
Conclusiones .....	47
Referencias.....	47
<b>PROPUESTA DE TRABAJO INTERCÁTEDRA PARA LOGRAR APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS EN LOS DISCENTES, DENTRO DEL MARCO DE LA ENSEÑANZA CENTRADA EN EL ESTUDIANTE .....</b>	<b>49</b>
Introducción .....	49
Metodología.....	51
Resultados Esperados.....	53
Objetivos .....	54
Conclusiones .....	54
Bibliografía .....	54
<b>TEST DE ESTILOS DE APRENDIZAJE DE FELDER Y SILVERMAN .....</b>	<b>56</b>
Introducción .....	56
Objetivos .....	57
Metodología.....	57
Análisis de la Planilla de Cálculo .....	58
Resultados.....	60
Conclusiones .....	62
Bibliografía .....	62
<b>EL AULA VIRTUAL EN EL MÓDULO DE MARCO POLÍTICO Y PEDAGÓGICO DEL CONCURSO DE ANTECEDENTES Y OPOSICIÓN PARA CUBRIR CARGOS DIRECTIVOS .....</b>	<b>63</b>
Introducción .....	63
Encuentros desarrollados.....	63
Consideraciones Finales .....	68
Bibliografía .....	68
<b>LA BIBLIOTECA DIGITAL EN LA CÁTEDRA DE PSICOLOGÍA EVOLUTIVA I DE LA FHYCS - UNJU .....</b>	<b>70</b>
Introducción .....	70
Biblioteca del futuro.....	70
Consideraciones Finales .....	73

Bibliografía .....	74
<b>LA CO-CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO, EN LA FORMACIÓN EN EDUCACIÓN SUPERIOR DESDE LA REALIDAD AL CONTENIDO DE ENSEÑANZA CON LAS TIC</b>	<b>76</b>
Motores para pensar la Formación Docente en los nuevos contextos .....	76
A partir de los sentidos y motivaciones de los estudiantes .....	77
A partir de las capacidades y metodologías propuestas de los estudiantes .....	78
Decisiones tomadas para el desarrollo del Módulo de OyAE .....	78
Algunas reflexiones y/o consideraciones .....	80
Bibliografía .....	81
<b>LA TRAMA CURRICULAR DEL ÁREA DIDÁCTICA- CURRICULAR DEL PROFESORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN .....</b>	<b>82</b>
Introducción .....	82
Lo Didáctico .....	83
Lo Curricular .....	85
Nivel Positivo .....	87
Desarrollo Curricular .....	88
Bibliografía .....	89
<b>LAS PRÁCTICAS PRE-PROFESIONALES, UN DISPOSITIVO DE APOYO PARA UN SABER PENSAR Y UN SABER HACER CRÍTICO EN LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA. CASO FCA UNJU .....</b>	<b>91</b>
Introducción .....	92
Planteamiento del Problema .....	92
Objetivo General .....	93
Objetivos Específicos .....	93
Metodología Aplicada .....	94
Resultados y Discusiones .....	95
Conclusiones .....	98
Bibliografía .....	99
<b>LOS JUEGOS EN LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACIÓN .....</b>	<b>101</b>
Introducción .....	101
Problemática .....	102
Estrategia para la enseñanza de la programación .....	103
Experiencia Realizada .....	104
Resultados Obtenidos .....	107
Conclusiones .....	110
Referencias .....	110
<b>NUEVAS ESTRATEGIAS PARA UN APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LAS PLANTAS CRIPTÓGAMAS .....</b>	<b>112</b>
Introducción .....	112

Metodología.....	114
Resultados.....	115
Discusión.....	116
Conclusiones.....	116
Bibliografía.....	116
<b>ROBÓTICA Y PROGRAMACIÓN EN LA EDUCACIÓN ESPECIAL .....</b>	<b>118</b>
Introducción.....	118
Fundamentación.....	119
Objetivo General.....	119
Objetivos Específicos.....	119
Grupo Destinatario.....	119
Beneficios de la programación en el aula.....	119
Beneficios de la robótica.....	119
Metodología.....	120
Resultados.....	124
Conclusiones.....	125
Bibliografía.....	125
<b>TRAYECTORIAS ESTUDIANTILES EN UNJU VIRTUAL. APORTES PARA SU COMPRENSIÓN DESDE LA PERSPECTIVA DE SUS PROTAGONISTAS .....</b>	<b>126</b>
Introducción.....	126
Metodología.....	127
Resultados Obtenidos.....	129
Conclusiones.....	134
<b>UNA EXPERIENCIA SUSTENTADA EN EL MODELO RIZOMÁTICO DE FORMACIÓN. EL CASO DE UN PROFESORADO UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY .....</b>	<b>136</b>
Ponencia.....	137
Resultados obtenidos como producto de la evaluación formativa.....	141
Referencias bibliográficas.....	144
<b>APRENDIZAJE UBICUO EN LA EXPRESIÓN GRÁFICA.....</b>	<b>145</b>
Introducción.....	145
Metodología.....	146
Desarrollo.....	146
Reflexiones y Propuesta.....	148
Metodología.....	149
Contenidos y Ejercicios.....	149
Conclusiones.....	151
Bibliografía.....	151

<b>ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE AULAS PARA LA TOMA PARCIALES DE UNA MATERIA</b>	<b>152</b>
.....	
Introducción .....	152
Problema .....	153
Caso de Estudio .....	153
Minimización de la cantidad de aulas.....	154
Agrupamiento de grupos.....	156
Grupos por apellido.....	158
Análisis de resultados.....	159
Conclusiones .....	160
Referencias.....	160
<b>CONSTRUCCIÓN DE MAQUETAS TOPOGRÁFICAS .....</b>	<b>161</b>
Introducción .....	162
Objetivos .....	162
Metodología.....	162
Resultados.....	163
Conclusiones .....	166
Conclusiones .....	167
Referencias.....	168
<b>EL NUEVO DESAFÍO DOCENTE: LAS TIC EN EL AULA .....</b>	<b>169</b>
Problema que se Investiga .....	169
Objetivos .....	170
Método usado para abordarlo .....	170
Resultados Obtenidos .....	170
Conclusiones .....	171
<b>ELABORACIÓN DE INFORMES DE LABORATORIO DE FÍSICA 1 MEDIANTE EL USO DEL FACEBOOK .....</b>	<b>173</b>
Introducción .....	173
Metodología.....	174
Resultados y Discusión .....	175
Conclusiones .....	177
Referencias.....	177
<b>EMPLEO DE UN CHATBOT EN EL AULA COMO HERRAMIENTA DE APOYO AL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE .....</b>	<b>178</b>
Introducción .....	178
Metodología.....	180
Resultados.....	181
Conclusiones .....	182
Referencias Bibliográficas.....	183

<b>ENSEÑANZA DE TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN UTILIZANDO MÉTODOS DE GAMIFICACIÓN .....</b>	<b>185</b>
Introducción .....	185
Gamificación.....	186
Plataforma ClassCraft .....	186
Aplicación de la Gamificación.....	187
Implementación y resultados .....	187
Conclusiones .....	190
Referencias.....	190
<b>ENSEÑANZA INNOVADORA EN ANÁLISIS MATEMÁTICO I .....</b>	<b>191</b>
Introducción .....	191
Descripción de la Cátedra y nuevas propuestas .....	192
Escenarios de comunicación. ....	193
Criterios de Regularización y Promoción. ....	195
Estrategias de Retención de AMI.....	195
Resultados y análisis comparativo.....	197
Conclusiones y Propuestas a futuro .....	198
Referencias.....	199
<b>ESTUDIO DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE ALUMNOS DE ESTADÍSTICA Y EPIDEMIOLOGÍA – CAPÍTULO II – FHYCS - 2018 .....</b>	<b>201</b>
Introducción .....	201
Metodología.....	202
Resultados.....	203
Conclusiones .....	205
Bibliografía .....	206
<b>GENERANDO DISPOSITIVOS INNOVADORES QUE PERMITAN LA IMPLEMENTACIÓN SIGNIFICATIVA DE LAS TIC: RELATO DE EXPERIENCIA DESDE UNA ESCUELA SECUNDARIA .....</b>	<b>207</b>
Introducción .....	207
Metodología.....	209
Resultados.....	210
Conclusiones .....	211
Bibliografía .....	211
<b>INTERDISCIPLINA ENTRE MATEMÁTICA, FÍSICA Y MÚSICA DESDE UNA MIRADA TECNOLÓGICA .....</b>	<b>213</b>
Introducción .....	213
Las Construcciones Matemáticas Utilizadas.....	214
Construcción mediante “Análisis Armónico” .....	214



Construcción mediante “Clases de Equivalencia” .....	216
Propuesta de Taller .....	217
La experiencia: Dictado de Taller.....	217
Descripción del Taller .....	217
Metodología .....	218
Algunas actividades planteadas.....	219
Devolución de la propuesta.....	221
Conclusiones .....	221
Bibliografía y Referencias .....	222
<b>LA SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS E INTEGRACIÓN CURRICULAR DE LAS TIC PARA EL DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO UNIVERSITARIO.....</b>	<b>223</b>
Introducción .....	223
Problemática y contexto Universitario actual .....	224
Desde lo metodológico: ¿Cuál es el punto de partida para el diseño de la propuesta? .....	225
De los Resultados obtenidos .....	226
Conclusiones .....	230
Referencias.....	231
<b>LIBERARTE CUANDO EL ARTE COBRA VIDA. TIC Y EDUCACIÓN.....</b>	<b>232</b>
Introducción .....	232
Fundamentación .....	233
Objetivos .....	233
Consideraciones Generales .....	234
Metodología aplicada.....	236
Resultados obtenidos.....	239
Conclusiones .....	240
Referencias.....	241
<b>LOS APORTES DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS A LA INCLUSIÓN EDUCATIVA ..</b>	<b>243</b>
Introducción .....	243
Espacios y acciones en torno a la educación inclusiva y el aporte de las nuevas tecnologías .....	244
De las acciones realizadas a nuevas formas de trabajar y pensar las nuevas tecnologías en el aula. .....	245
Algunas reflexiones .....	246
Referencias.....	247
<b>MODELO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE INFORMÁTICA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY.....</b>	<b>248</b>
Introducción .....	249
Metodología .....	249
Recursos de la asignatura .....	250
Espacios de comunicación .....	250

Métodos de enseñanza .....	251
Métodos de evaluación .....	253
Resultados .....	256
Conclusiones .....	256
<b>TRIÁNGULOS AL AZAR .....</b>	<b>258</b>
Introducción .....	258
Marco teórico .....	259
Probabilidad geométrica .....	260
Metodología .....	262
Actividades .....	262
Conclusiones .....	267
Referencias .....	267
<b>UN RAMO DE CÓNICAS .....</b>	<b>269</b>
Introducción .....	270
Objetivo General .....	271
Objetivos Específicos .....	271
Metodología .....	271
Resultados .....	273
Conclusiones .....	276
Bibliografía .....	277
<b>USO DE LA TIC EN EL INTERCAMBIO DE EXPERIENCIA NACIONAL DE PRÁCTICAS DOCENTES .....</b>	<b>278</b>
Introducción .....	278
Metodología .....	279
Resultados .....	279
Conclusiones .....	280
<b>USOS DE LO APRENDIDO EN CURSOS DE CAPACITACIÓN EN TICs EN LAS PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA. UN ESTUDIO DE LAS VISIONES DE PROFESORES DE INGLÉS DE LA PROVINCIA DE JUJUY .....</b>	<b>281</b>
Presentación: el problema que se investiga y los objetivos del trabajo .....	281
Acerca de la formación permanente y el desarrollo profesional .....	282
Proceso metodológico desarrollado .....	284
Algunos resultados .....	284
Recapitulación y reflexiones finales .....	287
Referencias .....	288
<b>VIRTUALIZACIÓN DE EVALUACIONES EN ÁLGEBRA Y GEOMETRÍA ANALÍTICA .....</b>	<b>290</b>
Introducción .....	290

Objeto de estudio y método de la Educación Comparada .....	290
Descripción.....	291
Interpretación .....	291
Yuxtaposición .....	292
Comparación o explicación.....	292
Descripción de los instrumentos de evaluación .....	292
Resultados y análisis comparativos .....	294
Conclusiones y trabajos posteriores.....	299
Bibliografía .....	299

# ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE AULAS PARA LA TOMA PARCIALES DE UNA MATERIA

Samuel Franco Domínguez<sup>1</sup>, Enrique Eduardo Tarifa<sup>1,2</sup> & Sergio Luis Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy,  
Ítalo Palanca N°10, 4600 San Salvador de Jujuy, Argentina

<sup>2</sup>CONICET

Contacto: eetarifa@fi.unju.edu.ar

**RESUMEN:** En este trabajo se presenta un modelo de optimización que minimiza la cantidad de aulas a emplear para tomar el parcial de una materia con una matrícula elevada. El modelo requiere que se formen grupos de estudiantes. Se probaron dos criterios alternativos para la conformación de esos grupos: por el último dígito del DNI y por la letra inicial del apellido. Además, el modelo requiere conocer la capacidad de cada aula disponible, esta información es suministrada por la institución. La distribución óptima obtenida con este modelo permitió reducir el tiempo de organización de una hora a cinco minutos.

**Palabras clave:** optimización, exámenes, asignación, agrupamiento.

## Introducción

La asignatura “Introducción a la informática” de la Facultad de Ingeniería de la UNJu tiene una matrícula superior a 900 estudiantes. Dada la elevada matrícula, para la realización de los parciales, se deben emplear varias aulas; por lo cual, los parciales se toman los sábados, de 8:00 a 11:00, cuando tanto la mayoría de las aulas y de docentes están disponibles. Antes del presente trabajo, los estudiantes eran distribuidos en las aulas de manera secuencial: cuando un aula se llenaba, se pasaba a la siguiente. A cada aula completa, se le asignaba un grupo de docentes que procedían a la verificación de la identidad y del estado académico de cada estudiante, y distribuían los enunciados del parcial. Esta etapa de preparación del parcial tomaba una hora en promedio, dejando sólo dos horas netas para el parcial.

A fin de hacer más eficiente la organización de los parciales, se planteó un modelo de optimización que minimiza la cantidad de aulas a emplear. El modelo requiere que se formen grupos de estudiantes. Se probaron dos criterios alternativos para la conformación de esos grupos: por el último dígito del DNI y por la letra inicial del apellido. Además, el modelo requiere conocer la capacidad de cada aula disponible, esta información es suministrada por la institución.

La cantidad mínima de aulas determinada por el primer modelo de optimización es usada luego por un segundo modelo de optimización para minimizar la cantidad de agrupamientos (grupos de grupos) que serán asignados a las aulas. El listado final que recibe el docente está conformado por estos agrupamientos y sus correspondientes aulas.

Ambos modelos de optimización son resueltos empleando LINGO, un software especialmente orientado a optimización. A fin de permitir el uso de los modelos a docentes que no están familiarizados con LINGO, se contempla, como un futuro trabajo, la implementación de los modelos en Excel.

La distribución óptima permite verificar y controlar rápidamente la identidad de los estudiantes, ya que ahora es posible imprimir previamente un listado por cada aula con los estudiantes asignados a ella. Este procedimiento se lleva a cabo de forma independiente en cada aula y, al final, juntando las listas, se tiene un listado único controlado. También, la distribución óptima permite entregar los enunciados sólo a los estudiantes en condiciones de rendir. Por último,

la distribución óptima permitió reducir el tiempo de organización de una hora a cinco minutos, dejando casi las tres horas disponibles para que los estudiantes pudieran rendir el parcial.

## Problema

Para presentar el modelo de optimización objeto del presente trabajo, primero, se enunciará formalmente el problema a resolver. El problema consiste en distribuir  $n$  grupos de estudiantes en  $m$  aulas. Cada grupo debe ser asignado a una y sólo un aula. La distribución debe realizarse de forma tal que se minimice la cantidad de aulas  $n$  empleadas, lo que minimiza también la cantidad de profesores a emplear para supervisar el examen. Un segundo criterio de menor prioridad es maximizar la agrupación de grupos que tengan nombres correlativos, con lo cual se facilita la comunicación de la distribución a los estudiantes.

## Caso de Estudio

A continuación, se consideran los datos del 2017 correspondientes a la materia seleccionada para el estudio. La Tabla 1 presenta la capacidad de las aulas disponibles. Esta información fue suministrada por la institución.

Tabla 3. Capacidad de las aulas

Aula	Capacidad
A1	400
A2	180
A3	180
A4	100
A5	100
A6	50
A7	100
A8	100
A9	40
<b>Total</b>	<b>1250</b>

Por otra parte, existen dos criterios posibles para conformar los grupos de estudiantes. Con el primer criterio, los grupos se conforman con estudiantes que comparten el último dígito del DNI (Tabla 2). Con el segundo criterio, los grupos se conforman con estudiantes que comparten la primera letra del apellido (Tabla 3). Estos datos fueron suministrados por la materia en cuestión.

Tabla 4. Grupos formados de acuerdo al último dígito del DNI

Grupo	Último dígito	Cantidad
G1	0	97
G2	1	110
G3	2	86
G4	3	97
G5	4	100
G6	5	92
G7	6	99
G8	7	100
G9	8	87
G10	9	83
<b>Total</b>		<b>951</b>

Tabla 5. Grupos formados de acuerdo a la primera letra del apellido

Grupo	Primera letra	Cantidad
G1	A	82
G2	B	45
G3	C	157
G4	D	20
G5	E	11
G6	F	41
G7	G	74
G8	H	13
G9	I	2
G10	J	15
G11	K	0
G12	L	39
G13	M	99
G14	N	12
G15	O	16
G16	P	25
G17	Q	20
G18	R	69
G19	S	68
G20	T	50
G21	U	4
G22	V	63
G23	W	0
G24	X	0
G25	Y	4
G26	Z	22
<b>Total</b>		<b>951</b>

## Minimización de la cantidad de aulas

El primer modelo de optimización que se plantea tiene como función objetivo la cantidad de aulas a emplear efectivamente, la cual debe ser minimizada:

$$FO = \sum_{j=1}^m y_j \quad (1)$$

donde  $y_j$  es una variable binaria, que vale 0 si no se emplea el aula  $j$ , y vale 1 si sí se emplea el aula  $j$ .

El primer conjunto de restricciones a incorporar controla que cada grupo de estudiantes sea asignado a una y sólo un aula:

$$\sum_{j=1}^m x_{i,j} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

donde  $x_{i,j}$  es una variable binaria, que vale 0 si no se asigna el grupo  $i$  al aula  $j$ , y vale 1 si sí se asigna el grupo  $i$  al aula  $j$ .

El segundo conjunto de restricciones determina la cantidad de estudiantes en cada aula:

$$\sum_{i=1}^n x_{i,j} d_i = e_j \quad \forall j \quad (3)$$

donde  $d_i$  es la demanda de cada grupo  $i$ , la cual es igual a la cantidad de estudiantes que integra cada grupo (Tabla 4 o Tabla 5, según el criterio adoptado para conformar los grupos). Por último,  $e_j$  es la cantidad de estudiantes que efectivamente recibe el aula  $j$ .

El tercer conjunto de restricciones controla que la cantidad de estudiantes asignados a cada aula no supere la capacidad de la misma:

$$e_j \leq c_j \quad \forall j \quad (4)$$

donde  $c_j$  es la capacidad del aula  $j$ .

El último conjunto de restricciones se ocupa de asignar el valor adecuado a las variables  $y_j$ :

$$e_j \leq c_j y_j \quad \forall j \quad (5)$$

Por lo planteado, el modelo de optimización PILP —*Pure Integer Linear Program*, programa entero lineal puro— (Schrage, 2015) que minimiza la cantidad de aulas efectivamente usadas es el siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{x,y,e} \sum_{j=1}^m y_j \\ & \text{s. a:} \\ & \sum_{j=1}^m x_{i,j} = 1 \quad \forall i \\ & \sum_{i=1}^n x_{i,j} d_i = e_j \quad \forall j \\ & e_j \leq c_j \quad \forall j \\ & e_j \leq c_j y_j \quad \forall j \\ & x_{i,j} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \\ & y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \\ & e_j \in \mathbb{Z} \quad \forall j \end{aligned} \quad (6)$$

El modelo fue resuelto empleando el software LINGO (LINDO, 2018). La Tabla 6 presenta la solución reportada para el modelo presentado. Con esta solución, se emplea un total de 5 aulas.

Tabla 6. Solución que minimiza la cantidad de aulas empleadas cuando se agrupa por DNI

Grupo	Aula
G1	A5
G2	A1
G3	A2
G4	A3
G5	A1
G6	A2
G7	A1
G8	A7
G9	A1
G10	A3

## Agrupamiento de grupos

En la solución obtenida en la sección anterior, los grupos que son asignados al aula A1 son G2, G5, G7 y G9; estos grupos tienen nombres que no son correlativos. Para facilitar la comunicación a los estudiantes de las aulas a las que deben ir, a continuación, se plantea un segundo problema de optimización que minimiza la cantidad de agrupamientos, i.e. grupos formados por grupos correlativos; pero estos agrupamientos se realizan cuidando de no superar la cantidad de aulas que se determinó con el modelo anterior.

La función objetivo que debe ser minimizada en este nuevo problema es la siguiente:

$$FO = \sum_{j=1}^m ca_j \quad (7)$$

donde  $ca_j$  es la cantidad de agrupamientos asignados al aula  $j$ .

El primer conjunto de restricciones que se agrega controla que la cantidad de aulas empleadas no supere la ya determinada por el problema anterior, la cual es igual a  $sy$ :

$$\sum_{j=1}^m y_j \leq sy \quad (8)$$

El siguiente conjunto de restricciones determina la cantidad de agrupamientos para cada aula:

$$ca_j = \sum_{i=1}^n ya_{i,j} \quad \forall j \quad (9)$$

donde  $ya_{i,j}$  es una variable binaria que vale 1 cada vez que se inicia un agrupamiento con el grupo  $i$  en el aula  $j$ :

$$\begin{aligned} ya_{1,j} &= x_{1,j} \quad \forall j \\ x_{i,j} &\leq x_{i-1,j} + ya_{i,j} \quad i \geq 2, \forall j \end{aligned} \quad (10)$$

Con estas nuevas restricciones agregadas al primer modelo, se obtiene el siguiente modelo PILP:



$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{x,y,e,ya,ca} \sum_{j=1}^m ca_j \\
 & \text{s. a:} \\
 & \sum_{j=1}^m y_j \leq sy \\
 & ca_j = \sum_{i=1}^n ya_{i,j} \quad \forall j \\
 & ya_{i,j} = x_{i,j} \quad \forall j \\
 & x_{i,j} \leq x_{i-1,j} + ya_{i,j} \quad i \geq 2, \forall j \\
 & \sum_{j=1}^m x_{i,j} = 1 \quad \forall i \\
 & \sum_{i=1}^n x_{i,j} d_i = e_j \quad \forall j \\
 & e_j \leq c_j \quad \forall j \\
 & e_j \leq c_j y_j \quad \forall j \\
 & x_{i,j} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \\
 & ya_{i,j} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \\
 & y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \\
 & e_j \in \square \quad \forall j \\
 & ca_j \in \square \quad \forall j
 \end{aligned} \tag{11}$$

Con este modelo, la solución para el caso de estudio se muestra en la Tabla 7. En esta nueva solución, al aula A1 se asignan los grupos de G2 a G5; es decir, un solo agrupamiento en lugar de los cuatro que tenía en la solución anterior.

Tabla 7. Solución que minimiza la cantidad de agrupamientos cuando se agrupa por DNI

Grupo	Aula
G1	A3
G2	A1
G3	A1
G4	A1
G5	A1
G6	A2
G7	A7
G8	A8
G9	A2
G10	A3

En resumen, la solución por DNI, emplea 5 aulas: A1, A2, A3, A7 y A8, y forma 7 agrupamientos (Tabla 8).

Tabla 8. Listado de agrupamientos cuando se agrupa por DNI

<b>Grupo</b>	<b>DNI</b>	<b>Aula</b>
<b>G1</b>	0	A3
<b>G2-G5</b>	1-4	A1
<b>G6</b>	5	A2
<b>G7</b>	6	A7
<b>G8</b>	7	A8
<b>G9</b>	8	A2
<b>G10</b>	9	A3

## Grupos por apellido

En el estudio anterior, los grupos se formaron considerando el último dígito del DNI. En esta sección, se analizará lo que ocurre cuando los grupos se conforman considerando la primera letra del apellido de los estudiantes. La Tabla 9 presenta la solución reportada para el modelo que minimiza la cantidad de aulas. Con esta solución, se emplea un total de 5 aulas. Sin embargo, la cantidad de agrupamientos es elevada: el aula A1 recibe ocho agrupamientos. Para minimizar esa cantidad, se resuelve el segundo modelo fijando la cantidad de aulas en 5.

Tabla 9. Solución que minimiza la cantidad de aulas empleadas cuando se agrupa por apellido

<b>Grupo</b>	<b>Aula</b>
<b>G1</b>	A3
<b>G2</b>	A8
<b>G3</b>	A1
<b>G4</b>	A1
<b>G5</b>	A5
<b>G6</b>	A2
<b>G7</b>	A1
<b>G8</b>	A3
<b>G9</b>	A1
<b>G10</b>	A3
<b>G11</b>	A1
<b>G12</b>	A8
<b>G13</b>	A1
<b>G14</b>	A3
<b>G15</b>	A8
<b>G16</b>	A1
<b>G17</b>	A5
<b>G18</b>	A2
<b>G19</b>	A5
<b>G20</b>	A3
<b>G21</b>	A3
<b>G22</b>	A2
<b>G23</b>	A1
<b>G24</b>	A1
<b>G25</b>	A3
<b>G26</b>	A1

La solución para el caso de estudio se muestra en la Tabla 10. En esta nueva solución, al aula A1 se asignan dos agrupamientos: de G6 a G12 y de G17 a G21. Como se puede observar, la cantidad de agrupamientos se redujo drásticamente.

Tabla 10. Solución que minimiza la cantidad de agrupamientos cuando se agrupa por apellido

<b>Grupo</b>	<b>Aula</b>
<b>G1</b>	A3
<b>G2</b>	A3
<b>G3</b>	A2
<b>G4</b>	A2
<b>G5</b>	A4
<b>G6</b>	A1
<b>G7</b>	A1
<b>G8</b>	A1
<b>G9</b>	A1
<b>G10</b>	A1
<b>G11</b>	A1
<b>G12</b>	A1
<b>G13</b>	A8
<b>G14</b>	A3
<b>G15</b>	A3
<b>G16</b>	A3
<b>G17</b>	A1
<b>G18</b>	A1
<b>G19</b>	A1
<b>G20</b>	A1
<b>G21</b>	A1
<b>G22</b>	A4
<b>G23</b>	A4
<b>G24</b>	A4
<b>G25</b>	A4
<b>G26</b>	A4

En resumen, la solución por apellido, emplea 5 aulas: A1, A2, A3, A4 y A8, y forma 8 agrupamientos (Tabla 11).

Tabla 11. Listado de agrupamientos cuando se agrupa por apellido

<b>Grupo</b>	<b>Apellido</b>	<b>Aula</b>
<b>G1-G2</b>	A-B	A3
<b>G3-G4</b>	C-D	A2
<b>G5</b>	E	A4
<b>G6-G12</b>	F-L	A1
<b>G13</b>	M	A8
<b>G14-G16</b>	N-P	A3
<b>G17-G21</b>	Q-U	A1
<b>G22-G26</b>	V-Z	A4

## **Análisis de resultados**

La formación de grupos de estudiantes por letra inicial del apellido produce grupos más reducidos que cuando se emplea el último dígito del DNI. En efecto, para el primer caso se

tiene un tamaño promedio de 37 estudiantes por grupo; mientras que, para el segundo caso, el promedio es 95. Por este motivo, la formación de grupos empleando la letra inicial del apellido tiene el potencial de necesitar menos aulas porque los grupos pequeños pueden ubicarse más fácilmente que los grupos grandes. Sin embargo, por el mismo motivo, puede producir una mayor cantidad de agrupamientos. Entonces, el docente debe decidir qué priorizar: una cantidad menor de aulas (implica menor cantidad de docentes para el control) o menor cantidad de agrupamientos (implica menos tiempo para comunicar a los estudiantes a qué aulas fueron asignados). Salvo casos especiales, conviene priorizar la minimización de la cantidad de aulas a emplear; entonces, convendría formar grupos de acuerdo a la letra inicial del apellido.

Un aspecto que debe considerarse es que no todos los estudiantes se presentan a rendir el parcial. En los registros de la cátedra analizada, se observa que la asistencia al parcial está entre el 60 % y el 90 %. Lo que implica que podría conseguirse una notable mejora de la solución si se pudiera desarrollar un modelo que prediga la asistencia real que se tendrá el día del parcial.

Otro factor a tener en cuenta es que la información suministrada por la institución en cuanto a la capacidad de cada aula no es correcta por diversos motivos. La solución a este problema requiere que la cátedra verifique la capacidad de cada aula un día antes del parcial.

Por último, la distribución óptima realizada formando los grupos empleando la primera letra del apellido permitió reducir el tiempo de organización de una hora a cinco minutos. Esto fue beneficioso tanto para los docentes como para los estudiantes, ya que los primeros pudieron contar rápidamente con el listado de estudiantes presentes y pudieron entregar rápidamente los enunciados sólo a los estudiantes que estaban en condiciones de rendir el parcial, mientras que los estudiantes pudieron disponer de casi una hora adicional para resolver el parcial.

## **Conclusiones**

En este trabajo se presentó un modelo de optimización que minimiza la cantidad de aulas empleadas en un parcial por una materia con elevada matrícula. La solución que brinda este modelo es complementada por otro modelo de optimización que minimiza la cantidad de agrupamientos. Se analizaron dos alternativas posibles para formar los grupos de estudiantes: por el último dígito de DNI y por la primera letra del apellido. Salvo casos especiales, los resultados sugieren que conviene realizar la formación de grupos empleando la primera letra del apellido ya que es la que tiene el potencial de emplear una menor cantidad de aulas.

Finalmente, en este trabajo se empleó el programa LINGO para resolver los modelos de optimización presentados. Como dicho programa es de uso específico, un futuro trabajo será la implementación de los modelos en Excel para que todos los docentes que lo requieran puedan emplearlo.

## **Referencias**

- Schrage L., Optimization Modeling with LINGO, LINDO, Londres, 2015.
- LINDO, <https://www.lindo.com>, 2018